

ESTADO DE GOIÁS
SECRETARIA DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS
ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA OBRAS RODOVIÁRIAS

AGETOP

Agência Goiana de Transportes e Obras

**ESPECIFICAÇÕES GERAIS
PARA OBRAS RODOVIÁRIAS**

V O L U M E I

ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO (ES)

EDIÇÃO REVISTA

Fevereiro - 2002

DIRETORIA DA AGETOP

PRESIDENTE

- Carlos Rosemberg -

DIRETOR DE OBRAS RODOVIÁRIAS

- Livianos Craveiro de Sá -

DIRETOR DE PLANEJAMENTO E CONTROLE

- Delano Cavalcanti Calixto -

DIRETOR DE OBRAS CIVIS

- Luiz Antônio de Paula -

DIRETOR DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

- Rogério de Medonça Lima -

DIRETOR FINANCEIRO

- Hélio Rodrigues Pinto -

DIRETOR ADMINISTRATIVO

- Nelson Henrique de Castro Ribeiro -

APRESENTAÇÃO

As condições atuais de nosso planeta, com uma política intensa de globalização, a capacidade de comunicação do homem moderno, que encurtou as distâncias, concede gradativamente uma importância maior ao meio ambiente.

O ambiente em que vivemos, nosso contato com a natureza, a valorização da preservação da flora e da fauna silvestre, coloca cada um de nós, cidadãos do mundo, no papel de co-responsável pela qualidade ambiental e por extensão pela qualidade de vida de todos.

Importância maior, dentro deste contexto, assumem os técnicos que, por sua formação e posição funcional, têm a responsabilidade de gerenciar empreendimentos que por sua extensão, tipo e configuração produzem ou podem produzir impactos ambientais significativos. A obra de engenharia rodoviária enquadra-se, como uma intervenção no meio ambiente capaz de gerar profundas transformações físicas, bióticas e sócio-econômicas.

Esta nova visão, exige uma adaptação do setor como um todo, com extensões ao corpo técnico, aos procedimentos e às normas técnicas em vigor. Sensível ao fato e num efetivo esforço para se adaptar a nova situação, a AGETOP está reeditando o presente trabalho: Especificações Gerais Para Obras Rodoviárias, internalizando as recomendações ambientais, através do item Manejo Ambiental, que inserido dentro das normas técnicas, procura determinar as medidas que, para cada serviço analisado, possam mitigar os prováveis impactos causados.

No âmbito técnico foram incluídas as especificações relativas às atividades de restaurações, atualizado o escopo e inserindo as obras de fresagem e reciclagem de pavimentos.

Ampliando o horizonte das especificações e objetivando orientar os executores, foram ainda incluídas algumas medidas gerais, aonde são contemplados os aspectos não diretamente afetos aos serviços, porém de importância para a sua realização, envolvendo os canteiros e acampamentos, oficinas e equipamentos em geral.

Goiânia, fevereiro 2002.

APRESENTAÇÃO DO VOLUME ORIGINAL

Dentro das Metas do Governo Henrique Santillo, no que se refere ao aprimoramento da tecnologia rodoviária do DERGO, programamos, entre outros itens:

- a elaboração e publicação de Documentos Técnicos, onde se destacam as **ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA OBRAS RODOVIÁRIAS DO DERGO**
- Volume 1 – Especificações de Serviço e
- Volume 2 – Especificações de Materiais;
- treinamento de engenheiros e técnicos de nível médio do DERGO nas técnicas laboratoriais rodoviárias e na fiscalização de projetos e de construções rodoviárias;
- a renovação e a complementação de instalações e equipamentos do Laboratório Central do DERGO.

Apresentamos nesta publicação o Volume 1 – Especificações de Serviço das **ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA OBRAS RODOVIÁRIAS** do DERGO, em sua Edição Preliminar, que ficará em estágio probatório durante o ano, devendo sua Primeira Edição, convenientemente corrigida e modificada, ser publicada em dezembro de 1989.

Saliente-se, que, no nosso entender, os controles de uma obra rodoviária, com seus critérios de aceitação, têm por fim último a obtenção de uma obra bem executada e dentro de sua previsão orçamentária, e não a punição de construtoras e fornecedoras.

Essas Especificações foram redigidas por uma equipe de técnicos dirigida pelo Prof. Humberto Santana auxiliado pelos Engenheiros Bento S. L. Pamplona e Hermano Zenaide Filho, com o acompanhamento de uma Comissão composta por seis engenheiros do DERGO e um experimentado construtor e consultor goiano:

- Waldo Borges (Presidente) (DEP)
- Joaci Afonso Vieira (DCO)
- GlauCIA Pereira da Fonseca (DCO)
- Klecius Souza Vaz (DEP)
- Geraldo Lopes de Souza (DCO)
- Sérgio Marcos da Silva (DPC)
- Otton Nascimento (Convidado especial)

Agradecemos aos ilustres técnicos acima citados e a todos aqueles que colaboraram em tão árduo trabalho, com ênfase especial aos renomados técnicos Dr. Paulo R. A. Gontijo e Eng.º Saul Birman pela intensa, profícua e desinteressada colaboração.

Goiânia, novembro de 1988.

Eng.º João Batista Alves,
Diretor Geral.

INTRODUÇÃO

Coloquialmente, entende-se por NORMA – “Aquilo que se estabelece como base ou medição para a realização ou avaliação de alguma coisa”.

De acordo com a Norma NBR 6822 – Março/1980 da ABNT, “uma NORMA pode ser de um dos seguintes tipos:

- a) Procedimento
- b) Especificação
- c) Padronização
- d) Método de ensaio
- e) Terminologia
- f) Simbologia
- g) Classificação, de onde destacamos as seguintes definições:

Especificação – “Tipo de Norma que se destina a fixar condições exigíveis para aceitação e/ou recebimento de matérias-primas, produtos semi-acabados e produtos acabados”.

Terminologia – “Tipo de Norma que se destina a definir, relacionar e/ou dar a equivalência em diversas línguas de termos técnicos empregados em determinado setor de atividade, visando ao estabelecimento de uma linguagem uniforme”.

Método de Ensaio – “Tipo de Norma que se destina a prescrever a maneira de verificar ou determinar características, condições ou requisitos exigidos:

- a) de um material ou produto, de acordo com a respectiva especificação;
- b) de uma obra ou de uma instalação, de acordo com o respectivo projeto”.

Procedimento – “Tipo de Norma que se destina a fixar condições para:

- a) execução de cálculos, projetos, obras, serviços e instalações;
- b) emprego de materiais e produtos industriais;
- c) certos aspectos das transações comerciais (P. ex.: reajustamento de preços);
- d) a elaboração de documentos em geral, inclusive desenhos;
- e) a segurança na execução ou na utilização de uma obra, equipamento, instalação, de acordo com o respectivo projeto”.

É muito desejado que as ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA OBRAS RODOVIÁRIAS fossem precedidas por um MANUAL DE OBRAS RODOVIÁRIAS, que apresentasse de modo sucinto e didático, as noções básicas e os detalhes técnicos pertinentes; nele estaria inserido a TERMINOLOGIA dos principais termos rodoviários. Por outro lado, elas devem ser seguidas dos MÉTODOS DE ENSAIOS ali citados.

A introdução do Item 1. CONCEITOS BÁSICOS nas Especificações de Serviço da AGETOP é, por nós considerado, um ponto alto dessas Especificações.

As Especificações aqui apresentadas foram elaboradas, partindo-se das ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA OBRAS RODOVIÁRIAS do DNER.

Para facilitar comparações e para evitar atropelos desnecessários, resolveu-se manter, o mais possível, a “sequência” e a “terminologia” das Especificações do DNER. Ou seja, é como se estivéssemos tentando aperfeiçoar essas Especificações, adaptando-as às necessidades e tradições rodoviárias goianas.

É oportuno recordar que:

- Especificações Particulares – “São aquelas restritas a um determinado Projeto, fugindo das Especificações Gerais, geralmente para atenderem a peculiaridades da região: clima, tráfego, materiais locais, etc”.
- Especificações Complementares – “São aquelas não previstas nas Especificações Gerais”.

MEDIDAS GERAIS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Medidas Sanitárias e de Segurança Ambiental

Devido à ocorrência comum de epidemias de doenças infecto-contagiosas, em especial aquelas de transmissão venérea, que costumam estar presentes nas populações próximas aos acampamentos de construção de estradas e em geral de projetos de engenharia, assim como aquelas que se produzem por ingestão de águas e alimentos contaminados, apresentamos as seguintes normas de caráter sanitário e de segurança, as quais deverão obrigatoriamente ser seguidas pelas empreiteiras de obras em geral.

- Para serem admitidos na empreiteira, todos os trabalhadores deverão se submeter a um exame médico, o qual deve incluir exames de laboratório, afim de prevenir epidemias.
- Deverão ser realizados periodicamente exames médicos dos trabalhadores na obra.
- Realizar uma campanha educativa por meio de reuniões e cartazes informativos sobre as normas elementares de higiene e de comportamento.
- Haverá cuidado especial em ferver as águas e em lavar os alimentos que são consumidos crus, com água igualmente fervida e filtrada, quando estes são preparados nos acampamentos dos construtores.
- A alimentação diária do pessoal, deverá ser suficientemente balanceada e variada, afim de eliminar a necessidade de caça e a pesca predatória, sendo os infratores punidos com suspensão temporária ou permanente.

Acampamento de Pessoal

Os acampamentos deverão sempre que possível estar localizados em áreas já

antropizadas. A opção pela cidade, assumidas algumas restrições adiante descritas, é recomendável. Algumas normas entretanto devem ser seguidas contemplando-se neste caso as diversas hipóteses de localização:

- Evitar a instalação de acampamentos e pátios de serviços junto a cursos d'água, respectivas matas ciliares e veredas.
- Os acampamentos após sua desativação e remoção, deverão ter suas áreas recompostas fisicamente e de acordo com a vegetação característica antes da instalação do acampamento.
- Os acampamentos devem ser distantes de pequenos núcleos habitacionais, afim de evitar problemas sociais nas mesmas, no caso de um acampamento urbano, este será localizado unicamente em núcleos municipais que possam absorver mais facilmente um número maior de pessoas.
- O projeto de construção de acampamentos terá o máximo cuidado em evitar cortes e aterros, assim como remoção de vegetação arbórea.
- Em nenhum caso, os acampamentos serão localizados acima de nascentes de abastecimento de água de núcleos povoados, pelos riscos sanitários que isto implica. Será evitada a captação de águas em fontes suscetíveis de secar ou que apresentem conflitos com os usos por parte das comunidades locais.
- Todos os acampamentos contarão com fossas sépticas, tecnicamente projetadas, em nenhuma hipótese serão jogadas águas servidas nos corpos de água.
- Não serão atirados às correntes ou em barrancos os dejetos sólidos dos acampamentos. Estes serão depositados adequadamente em uma vala, devidamente recoberta. Caso o acampamento situe-se em área urbana deverão ser adotadas caixas metálicas para acumulação dos resíduos sólidos e posterior retirada e destinação em comum acordo com a administração municipal local.

- A fossa séptica e a vala de resíduos sólidos deverão cumprir com os requisitos ambientais de impermeabilização e tubulação de infiltração.
- Os acampamentos conterão equipamentos de combate a incêndios e um pequeno ambulatório dotado de materiais de primeiros socorros.
- Os acampamentos serão pré-fabricados ou serão utilizadas casas existentes, afim de evitar o corte de árvores para sua construção.
- Os acampamentos serão desmontados uma vez que estejam já desocupados, exceto no caso de poderem ser doados às comunidades próximas para benefício comum, como por exemplo escolas ou centros de saúde.
- No caso de desmontar os equipamentos, os resíduos resultantes deverão ser retirados e dispostos adequadamente. Os materiais recicláveis deverão ser utilizados ou doados às comunidades.

Oficinas

As oficinas e depósitos de combustível deverão estar localizados adequadamente, seguindo as normas que se apresentaram para os acampamentos de pessoal, atendendo ainda as seguintes determinações específicas:

- Possuirão um tanque séptico e nos pátios serão construídas canalizações que recolherão as águas pluviais e entregarão a um tanque de graxas antes de sua disposição final. Esta caixa deverá ter uma manutenção adequada de limpeza.
- Nestas oficinas contar-se-á com equipamento adequado para o controle de incêndios.
- As trocas de óleo das máquinas deverão ser cuidadosas, colocando-se o óleo queimado em vasilhames, para ser destinados a locais adequados. Por nenhum motivo estes óleos serão lançados às correntes de água ou ao solo.

Equipamentos

Como muitos efeitos ambientais são produzidos por consequência da operação das máquinas e equipamentos, são apresentadas as seguintes recomendações:

- A construtora contratada ou qualquer de seus subcontratantes não poderá lavar seus veículos ou equipamentos em rios ou riachos, nem atirar restos aos cursos d'água.
- O equipamento móvel, incluindo maquinário pesado, deverá estar em bom estado mecânico e de carburação, de forma a queimar o mínimo necessário de combustível, minimizando assim as emissões atmosféricas. Assim mesmo, o estado dos silenciosos dos motores deve ser bom, para evitar o excesso de ruídos. Igualmente serão prevenidos os vazamentos de combustíveis ou lubrificantes que possam afetar os solos ou cursos d'água.

O abastecimento de combustíveis e a manutenção do equipamento móvel e maquinário, deverá realizar-se de forma a que estas atividades não contaminem os solos ou as águas. Os locais ou pátios para lavagem e troca de óleo deverão estar localizados longe de qualquer curso d'água.

CAPÍTULOS

- T – TERRAPLENAGEM
- P – PAVIMENTAÇÃO
- D – DRENAGEM
- OA – OBRAS-DE-ARTE
- OC – OBRAS COMPLEMENTARES
- CE – PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL

ÍNDICE

TERRAPLENAGEM

AGETOP-ES-T 01/01	Serviços Preliminares	17
AGETOP-ES-T 02/01	Caminhos de Serviço	23
AGETOP-ES-T 03/01	Cortes	27
AGETOP-ES-T 04/01	Empréstimos	35
AGETOP-ES-T 05/01	Aterros	39

PAVIMENTAÇÃO

AGETOP-ES-P 01/01	Regularização do Subleito	49
AGETOP-ES-P 02/01	Reforço Estabilizado Granulometricamente	63
AGETOP-ES-P 03/01	Sub-Base Estabilizada Granulometricamente	81
AGETOP-ES-P 04/01	Base Estabilizada Granulometricamente	103
AGETOP-ES-P 05/01	Base de Solo Melhorado com Cimento	129
AGETOP-ES-P 06/01	Acostamento	147
AGETOP-ES-P 07/01	Imprimação	167
AGETOP-ES-P 08/01	Pintura de Ligação	177
AGETOP-ES-P 09/01	Tratamento Superficial Simples	189

AGETOP-ES-P 10/01	Tratamento Superficial Duplo	229
AGETOP-ES-P 11/01	Concreto Asfáltico	263
AGETOP-ES-P 12/01	Pré-Misturado a Quente	295
AGETOP-ES-P 13/01	Areia-Asfalto a Quente	321
AGETOP-ES-P 14/01	Pré-Misturado a Frio Semi-Denso	345
AGETOP-ES-P 15/01	Pré-Misturado Tipo Macadame	371
AGETOP-ES-P 16/01	Lama Asfáltica	387
AGETOP-ES-P 17/01	Fresagem do Pavimento	409
AGETOP-ES-P 18/01	Concreto Betuminoso Reciclado a Frio	413
AGETOP-ES-P 19/01	Concreto Betuminoso Reciclado à Quente no Local	445
AGETOP-ES-P 20/01	Concreto Betuminoso Reciclado à Quente na Usina	477

DRENAGEM

AGETOP-ES-D 01/01	Sarjetas e Valetas	515
AGETOP-ES-D 02/01	Meio-Fio (Banquetas)	521
AGETOP-ES-D 03/01	Entradas e Saídas D'Água em Taludes (Calhas – Entradas)	527
AGETOP-ES-D 04/01	Dissipadores de Energia (Saídas D'Água)	533
AGETOP-ES-D 05/01	Bueiros de Greide (Bueiros Tubulares)	539
AGETOP-ES-D 06/01	Galerias	547
AGETOP-ES-D 07/01	Drenos Profundos (Longitudinais)	555

OBRAS DE ARTE

AGETOP-ES-OA 01/01	Serviços Preliminares	569
AGETOP-ES-OA 02/01	Bueiros de Grotas	573
AGETOP-ES-OA 03/01	Concretos de Argamassa	581
AGETOP-ES-OA 04/01	Armaduras para Concreto	595
AGETOP-ES-OA 05/01	Fôrmas e Cimbres	603
AGETOP-ES-OA 06/01	Estruturas de Concreto Armado	607

OBRAS COMPLEMENTARES

AGETOP-ES-OC 01/01	Cercas	615
AGETOP-ES-OC 02/01	Defensas	619
AGETOP-ES-OC 03/01	Sinalização	625

PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL

AGETOP-ES-CE 01/01	Proteção Vegetal	633
AGETOP-ES-CE 02/01	Impermeabilização Asfáltica de Taludes	639

TERRAPLENAGEM

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 *Os Serviços Preliminares* compreendem todas operações necessárias que objetivem limpar a área a ser ocupada pelo corpo estradal, locais de empréstimos e ocorrências de materiais de construção, de vegetação de qualquer porte, obstruções naturais ou artificiais, resguardando aquelas para preservação ambiental (natureza) ou mesmo histórica.

1.2 O preparo das áreas a serem utilizadas na execução de obras rodoviárias pode, em casos excepcionais, exigir o emprego intermitente ou contínuo de explosivos.

1.3 Após a conclusão dos *serviços preliminares*, cabe a CONSULTORA/FISCALIZAÇÃO, a total execução e controle dos serviços topográficos, tais como, *locação do eixo do Traçado, nivelamento, seccionamento transversal e emissão de Notas de Serviço*. A implantação dos “*off-sets*” e conservação de todas referências fornecidas nas *Notas de Serviços* cabem unicamente ao CONSULTOR.

2. EQUIPAMENTO

As operações de desmatamento, destocamento e limpeza serão executadas mediante a utilização de equipamentos adequados, complementados com o emprego de serviços manuais e eventualmente de explosivos.

3. EXECUÇÃO

- a) Após o recebimento da *Nota de Serviço*, o executante dará início às operações de desmatamento, destocamento e limpeza.
- b) O *desmatamento* compreende o *corte* e a *remoção* de toda a vegetação, qualquer que seja a sua densidade.

- c) O destocamento compreende a operação de *corte e remoção* de tocos de árvores e raízes após o serviço de desmatamento.
- d) A *limpeza* compreende a operação de *remoção de camada de solo* ou *material orgânico*, na profundidade de 20cm, bem como de quaisquer outros objetos e materiais indesejáveis que ainda subexistam.
- e) O material proveniente do *desmatamento, destocamento e limpeza* será queimado, removido ou estocado, obedecidos os critérios definidos nas especificações de preservação ambiental. A *remoção* ou a *estocagem* dependerá de eventual utilização, a critério da Fiscalização e como indicado em Especificações Complementares, não sendo permitida a permanência de entulhos nas adjacências do Corpo Estradal e em locais ou regiões, que possam provocar a obstrução do sistema de drenagem natural da obra.
- f) As operações correspondentes aos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza, para os casos de *corte e aterro*, terão lugar no interior da faixa de domínio.
- g) A área mínima, na qual as referidas operações serão executadas em sua plenitude, será compreendida entre os *off-sets de cortes ou aterros* com acréscimo de 2m para cada lado. No caso de empréstimos a área mínima será indispensável à sua exploração.
- h) Nos *cortes* exigir-se-á que a camada de 60cm abaixo do greide de terraplenagem, fique isenta de tocos e raízes.
- i) Nas áreas destinadas a aterros de cota vermelha superior a 2m, o desmatamento deverá ser executado de modo que o corte das árvores fique ao nível do terreno natural. Para aterros de cota vermelha abaixo de 2m, exigir-se-á a remoção da capa do terreno contendo raízes e restos vegetais.
- j) Deverão ser preservados os elementos de composição paisagística devidamente assinalados no projeto, bem como pela Fiscalização.

- k) Nenhum movimento de terra poderá ser iniciado enquanto as operações de desmatamento, destocamento e limpeza nas áreas devidas, não tenham sido totalmente concluídos.
- l) A critério da Fiscalização, não se permitirá um avanço acentuado entre os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza e a execução de cortes e aterros do corpo estradal.

4. CONTROLE

O controle das operações de *desmatamento, destocamento e limpeza* será feito por apreciação visual da qualidade dos serviços.

5. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) desmatamento e destocamento deverão obedecer rigorosamente os limites estabelecidos no projeto, ou pela Fiscalização, evitando acréscimos desnecessários. O desmatamento deve ser amplo o suficiente para garantir a insolação da obra e restrito, ao mesmo tempo, às necessidades mínimas exigidas para as operações de construção e para visibilidade dos motoristas (segurança do tráfego)
- b) material proveniente do desmatamento, destocamento e limpeza será removido ou estocado. Os troncos de árvores derrubados deverão ser enleirados a jusante da rodovia e de forma a evitar obstrução do sistema de drenagem.
- c) Não será permitida a queima do material removido.

- d) Não será permitido o uso de explosivos para remoção de vegetação. Outros obstáculos, sempre que possível, serão removidos por meio de equipamento convencional, mesmo que com certo grau de dificuldade, objeto de criteriosa análise e metodologia adequada.
- e) solo orgânico removido deverá ser estocado, sempre que possível, visando recomposição de áreas desmatadas para empréstimos, taludes, etc.
- f) tráfego de máquinas e funcionários deverá ser disciplinado de forma a evitar a abertura indiscriminada de vias, o que acarretaria desmatamento desnecessário.
- g) As obras de terraplenagem normalmente exigem o movimento de grandes volumes, gerando tráfego intenso de veículos pesados, onde a produtividade é associada à velocidade, modo comum de medir recompensa pelo trabalho de operadores de máquinas e motoristas de caçambas (“carreiros”). As nuvens de poeira e a lama, nos trechos rurais, e a interferência com o público nas áreas mais povoadas, preenchem o quadro necessário e suficiente para a ocorrência de acidentes.

A aspersão de água nos trechos poeirentos, a remoção das camadas de lama e o controle da velocidade em trechos com movimento de público são práticas recomendadas, que devem ser observadas rigorosamente em respeito à vida humana.

Nas construções em áreas urbanas e semi-urbanizadas, deve-se exigir o respeito às normas de trânsito e de transporte de cargas (velocidades máximas e mínimas, cobertura das caçambas com lonas, etc.).

6. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os Serviços Preliminares serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇO DE TERRAPLENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Durante a construção de uma obra rodoviária são necessárias a execução de vias para atendimento ao tráfego de serviço, constituído por veículos e equipamentos que operam na obra, e/ou desvios para o tráfego normal de veículos, no caso de obras em rodovias já existentes.

As vias construídas para o tráfego de serviço e os desvios para o tráfego normal de uma rodovia constituem os chamados *Caminhos de Serviço*, os quais tem um carácter temporário de utilização.

Como exemplo de *Caminhos de Serviço*, tem-se os acessos às frentes de desmatamento e de terraplenagem, os acessos a fontes de materiais, os desvios de obras de arte correntes e especiais, os desvios de tráfego por necessidade de interdição da pista.

Por serem obras provisórias, sem maiores requisitos estruturais, os *caminhos de serviço* geralmente exigem um freqüente trabalho de manutenção.

2. DEFINIÇÃO

Os *Caminhos de Serviço* são vias construídas para permitir o trânsito de equipamentos e veículos vinculados à obra ou para permitir o desvio temporário do tráfego, na fase de obra.

3. EQUIPAMENTOS

A implantação dos *caminhos de serviço* será executada mediante a utilização de equipamento adequado, a par do emprego acessório de serviços manuais.

4. EXECUÇÃO

Os *Caminhos de Serviço* construídos para permitir o trânsito de equipamentos e veículos vinculados à obra deverão possuir condições geométricas, de drenagem e de segurança tão somente necessárias à utilização racional. Os *Caminhos de Serviço* para o desvio de tráfego, deverão possuir condições geométricas, de revestimento, de drenagem e de segurança compatíveis com o tráfego da via existente.

A execução se subordinará aos elementos técnicos fornecidos aos executantes e constantes das *notas de serviço* elaboradas em conformidade com o projeto.

Deverão ser tomadas as medidas preconizadas nas normas técnicas de proteção ambiental constantes das *Especificações Gerais*.

Os *caminhos de serviço* somente serão executados mediante autorização prévia da Fiscalização.

5. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Os caminhos de serviços deverão ser implantados preferencialmente nos limites da faixa de domínio.
- b) Os caminhos de serviço são abertos para uso provisório durante as obras, seja para permitir uma operação mais eficiente das máquinas e equipamentos de construção, seja para garantir o acesso a áreas de exploração de materiais e insumos (água, areia, pedra, etc.). Em sendo para uso provisório, busca-se implantá-los com o menor dispêndio possível de recursos, economizando-se na abertura da vegetação, no movimento da terra, na transposição de talvegues, etc.

- c) Após a utilização dos caminhos de serviço, os mesmos deverão sofrer recomposição do terreno e da vegetação, para evitar erosões assoreamento ou o uso inadequado.

6. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os *Caminhos de Serviço* serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. DEFINIÇÃO

Os *cortes* são *segmentos de rodovia*, cuja implantação requer escavação do material constituinte do terreno natural, ao longo do eixo e no interior dos limites das seções do projeto (“off-sets”), que definem o corpo estradal.

As operações de cortes compreendem:

- a) Escavação dos materiais constituintes do terreno natural até o greide da terraplenagem, indicado no projeto.
- b) Escavação, em alguns casos, dos materiais constituintes do terreno natural, em espessuras abaixo do greide da terraplenagem, conforme indicações do projeto, complementadas por observações da Fiscalização durante a execução dos serviços.
- c) Transporte dos materiais escavados para aterros ou bota-foras.
- d) Retirada das camadas de má qualidade visando ao preparo das fundações de aterro. O volume a ser retirado constará do projeto. Esses materiais serão transportados para locais previamente indicados de modo que não causem transtorno à obra, em caráter temporário ou definitivo.
- e) As escavações destinadas à alteração dos cursos d’água, objetivando eliminar travessias ou fazer com que as mesmas se processem em locais mais convenientes – *corta-rios* – deverão ser executados em conformidade com o projeto e com esta *Especificação*.
- f) As escavações destinadas a degraus ou arrasamentos nos alargamentos de aterros.

2. MATERIAIS

Os materiais ocorrentes nos *cortes* serão classificados de conformidade com as seguintes definições.

2.1. Materiais de 1ª Categoria:

Compreendem solos em geral, *residual ou sedimentar, seixos rolados* ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15m, qualquer que seja o teor de umidade que apresentem.

2.2 Materiais de 2ª Categoria:

Compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente. A extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos ou processos manuais adequados. Estão incluídos nesta classificação os blocos ou pedras de rocha, de volume inferior a 2m³ e os matacões ou pedras de diâmetro médio compreendido entre 0,15m e 1,00m.

2.3. Materiais de 3ª Categoria:

Compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à da rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetro superior a 1,00m, ou de volume igual ou superior a 2m³ cuja extração e redução, a fim de possibilitar o carregamento, se processem somente com o emprego contínuo de explosivos.

3. EQUIPAMENTO

A escavação de *cortes* será executada mediante a utilização racional de equipamento adequado, que possibilite a execução dos serviços sob as condições especificadas e produtividade requerida.

A seleção do equipamento obedecerá às seguintes indicações:

- a) *Corte em Solo*: – Serão empregados tratores equipados com lâminas, escavo-transportadores ou escavadores conjugados com transportadores diversos. A operação incluirá, complementarmente a utilização de tratores e motoniveladoras, para escarificação, manutenção de caminhos de serviço e áreas de trabalho, além de tratores para a operação de “*pusher*”.
- b) *Corte em Rocha*: - Serão utilizadas perfuratrizes automáticas, manuais, pneumáticas ou elétricas para o preparo das minas, tratores equipados com lâmina para a operação de limpeza da praça de trabalho e escavadores conjugados com transportadores, para a carga e transporte do material extraído. Nesta operação serão utilizados explosivos e detonadores adequados à natureza da rocha e às condições de canteiro de serviço.
- c) Seus similares com seus aperfeiçoamentos.

4. EXECUÇÃO

- a) Escavação de *cortes* subordinar-se-á aos elementos técnicos fornecidos ao Executante e constantes das *notas de serviço* elaboradas em conformidade com o projeto.
- b) A escavação será precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.
- c) O desenvolvimento da escavação se processará mediante a previsão da utilização adequada, ou rejeição dos materiais que, pela classificação e caracterização efetuadas nos cortes, sejam compatíveis com as especificações de execução dos aterros, em conformidade com o projeto.

- d) Constatada a conveniência técnica e econômica de reserva de materiais escavados nos cortes, para a confecção das camadas superficiais da plataforma, será procedido o depósito dos referidos materiais, para sua oportuna utilização.
- e) Atendido o projeto e, desde que técnica e economicamente aconselhável, a Juízo da Fiscalização, as massas em excesso que resultariam em bota-foras, poderão ser integradas aos aterros, constituindo alargamentos da plataforma, adocamento dos taludes ou bermas de equilíbrio. Referida operação deverá ser efetuada desde a etapa inicial da construção do aterro.
- f) As massas excedentes que não se destinarem ao fim indicado no parágrafo anterior será objeto de remoção, de modo a não constituírem ameaça à estabilidade da rodovia, e nem prejudicarem o aspecto paisagístico, normas de proteção ambiental.
- g) Quando, ao nível da plataforma dos cortes, for verificada ocorrência de rocha sã ou em decomposição, ou de solos de expansão maior que 2%, baixa capacidade de suporte ou solos orgânicos, promover-se-á rebaixamento, respectivamente, da ordem de 0,40m e 0,60m, procedendo-se a execução de novas camadas, constituídas de materiais selecionados, os quais serão objeto de fixação nas Especificações Complementares.
- h) Os taludes dos cortes deverão apresentar, após a operação de terraplenagem, a inclinação indicada no projeto, para cuja definição foram consideradas as indicações provenientes das investigações geológicas e geotécnicas. Qualquer alteração posterior da inclinação, só será efetivada, caso o controle tecnológico, durante a execução, a fundamentar. Os taludes deverão apresentar desempenada a superfície obtida pela normal utilização do equipamento de escavação. Não será permitida a presença de blocos de rocha nos taludes, que possam colocar em risco a segurança do trânsito.
- i) Nos pontos de passagem de corte para aterro, onde o terreno apresenta-se com

inclinações acentuadas ($\phi > 25^\circ$), a Fiscalização deverá exigir a escavação de degraus com a finalidade de assegurar a junção dos maciços, evitando-se assim futuros recalques diferenciais.

- j) Nos cortes em que vierem ocorrer instabilidade, no decorrer da execução da obra, deverão ser estudadas soluções específicas.
- k) As *valetas de proteção dos cortes* serão executadas, independente de demais obras de proteção projetadas e implantadas concomitantemente com a terraplenagem do corte em execução, sendo de 3,00m o afastamento mínimo do off-set para sua implantação.
- l) As obras específicas de proteção de taludes, objetivando sua estabilidade, serão executadas em conformidade com estas Especificações Gerais. As obras de proteção recomendadas excepcionalmente serão objeto de projetos específicos.
- m) Os sistemas de *drenagem superficial e profunda* dos cortes serão executados em conformidade com as indicações constantes destas Especificações Gerais.
- n) O alargamento de cortes existentes, deverão ser projetados, considerando a largura máxima igual ao menor equipamento exigido contratualmente.
- o) Na eventual necessidade de alargamento de corte o projeto deverá estabelecer seus parâmetros de conveniência técnico-econômica, a fim de propiciar a sua execução simultânea à do corte.

5. CONTROLE

O acabamento da plataforma de corte será procedido mecanicamente, de forma a alcançar-se a conformação da seção transversal de projeto, admitidas as seguintes tolerâncias:

- a) Variação de altura máxima de ($\pm 0,05\text{m}$ para o eixo e bordos.
- b) Variação máxima de largura de $+ 0,20\text{m}$ para cada semi-plataforma, não se admitindo variação para menos.
- c) O acabamento do *talude de corte* deverá obedecer ao descrito em 4h, só sendo admitida a inclinação indicada no projeto.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Quando houver excesso de material de cortes e for impossível incorporar este excesso ao corpo de aterros, serão feitos bota-foras. As áreas destinadas aos bota-foras serão localizadas preferencialmente a jusante do terrapleno.
- b) Os taludes dos bota-foras deverão ter inclinação suficiente para evitar escorregamentos.
- c) Os bota-foras deverão ser executados de forma a evitar que escoamento de águas pluviais possam carregar o material depositado, transportando-o para os vales causando assoreamento dos cursos d'água.
- d) Recomenda-se que, em havendo excesso de material de corte, procure-se executar alargamentos de aterros (reduzindo a inclinação dos taludes, por exemplo) e até construindo plataformas contínuas à estrada, que sirvam como áreas de estacionamento e descanso para os usuários. No caso de bota fora com materiais de 3ª Categoria (rochoso) seu uso é possível e desejável como dissipadores de energia nas áreas de descarga dos sistemas de drenagem.
- e) Quando economicamente viável, deverá ser feito revestimento vegetal dos bota-foras, após sua conformação final, para serem incorporados à paisagem local.

- f) Evitar o quanto possível o trânsito dos equipamentos e veículos de serviço fora das áreas de trabalho, principalmente onde houver alguma área com relevante interesse paisagístico e/ou ecológico.
- g) revestimento vegetal dos taludes, quando previstos, deverá ser executado imediatamente após a execução do corte.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os cortes serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. DEFINIÇÃO

Os empréstimos destinam-se a prover ou complementar o volume necessário à constituição dos aterros por insuficiência do volume dos cortes, por motivos de ordem tecnológica de seleção de materiais ou razões de ordem econômica.

2. MATERIAIS

Os materiais serão de 1ª categoria atendendo à qualidade e à destinação previstas no projeto. Excepcionalmente poderão ser utilizados 2ª e 3ª categorias desde que indicadas no projeto.

3. EQUIPAMENTO

A escavação em *empréstimos* deverá prever a utilização racional de equipamento apropriado, que atenda à produtividade requerida. A operação inclui a utilização complementar de equipamento destinado à manutenção de caminhos de serviço e áreas de trabalho.

4. EXECUÇÃO

- a) Atendidas as condições do projeto, os *empréstimos* terão seu aproveitamento dependente da ocorrência de materiais adequados e respectiva exploração em condições econômicas, mediante autorização da Fiscalização.
- b) Sempre que possível, deverão ser executados *empréstimos contíguos* ao corpo estradal, resultando sua escavação em alargamento dos cortes.
- c) Os *empréstimos* em alargamento de corte deverão, preferencialmente, atingir a cota do greide, não sendo permitida em qualquer fase da execução a condução de águas pluviais para a plataforma da rodovia.
- d) Nos trechos em curva, sempre que possível, os *empréstimos* situar-se-ão no lado interno desta.

- e) Os empréstimos não decorrentes de alargamento de cortes, quando no interior da faixa de domínio, devem situar-se de modo a não interferir no aspecto paisagístico da região.
- f) Quando destinados a trechos construídos em greide elevado, os bordos internos das caixas de empréstimos deverão localizar-se à distância mínima de 5,00m do pé do aterro.
- g) Entre o bordo externo das *caixas de empréstimos* e o limite da faixa de domínio, deverá ser mantida sem exploração uma faixa de 3,00m de largura, a fim de permitir a implantação da vedação delimitadora. No caso de *caixas de empréstimos* definidos como alargamento de cortes, esta faixa deverá ter largura mínima de 3,00m, com a finalidade de permitir também a implantação da valeta de proteção.
- h) Constatada a conveniência técnica e econômica da reserva de materiais escavados nos *empréstimos* para confecção das camadas superficiais da plataforma, será procedido o depósito dos referidos materiais para sua oportuna utilização.
- i) A escavação será procedida da execução dos serviços de desmatamento e limpeza da área do empréstimo.
- j) O acabamento dos bordos da *caixa de empréstimos* deverá ser executado sob taludes estáveis.

5. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) a interligação das *caixas de empréstimos* que acumulam água tem sido prática comum na mitigação dos efeitos sobre a drenagem. Contudo, há que se ter atenção

nos volumes d'água que acumulam e na velocidade que o escoamento pode atingir em trechos longos. A prática pode, ao fim, apenas trocar o problema original por erosões e ravinamentos de grande porte.

- b) As *caixas* devem ter suas bordas afastadas do off-set, evitando que se somem as alturas dos taludes. Entre o pé do aterro e o bordo dos empréstimos, deve ser mantida a vegetação natural.
- c) Os *empréstimos* que não puderem ser obtidos por alargamento de cortes devem ser localizados de preferência em terrenos que possuam declividade suave, com o fundo também em declive, facilitando o escoamento. Não devem ser obtidos materiais de empréstimo em talvegues, prejudicando o escoamento natural. De preferência, as caixas de empréstimo concentrado devem ter seus bordos afastados do talude da rodovia e de outras benfeitorias vizinhas. Em áreas de solos muito suscetíveis à erosão os empréstimos devem ser feitos longe da rodovia, conservando-se o terreno e a vegetação natural numa faixa de, pelo menos, cinquenta (50) metros de largura, separando a estrada e a caixa.
- d) Procurar evitar a obtenção de *empréstimos* próximos a zonas urbanizadas, que terminam sendo usadas como depósitos de lixo, retendo a drenagem e causando a proliferação de insetos, roedores e répteis, além de contribuir com mau cheiro e afetar o aspecto visual de toda a área. Tornam-se, como consequência, a causa da degradação de uso de toda área, o foco de doenças infecciosas e, ainda, causam transtornos e custos adicionais aos serviços de conservação rodoviária.
- e) desmatamento, destocamento e limpeza será feito dentro dos limites da área que será escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração do *empréstimo*, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada visando reintegrá-la à paisagem.
- f) Não é permitida a queima da vegetação removida.

- g) Deve ser evitada a localização de *empréstimo* em áreas de boa aptidão agrícola.
- h) Evitar a localização de *empréstimos* em áreas de reservas florestais ou ecológicas, ou mesmo nas proximidades, quando houver perigo de danos a estas áreas.
- i) As áreas de *empréstimos*, após a escavação, deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a suavizar seus contornos e reincorporá-la ao relevo natural. Esta operação deve ser realizada antes do espalhamento do solo orgânico, conforme descrito no item e.
- j) Disciplinar o trânsito de equipamentos e veículos de serviço para evitar a formação de trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação.
- k) As áreas de *empréstimos* deverão ser convenientemente drenadas de modo a evitar o acúmulo de águas.

6. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os empréstimos serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. DEFINIÇÃO

Aterros são segmentos de rodovia, cuja implantação requer o depósito de materiais, quer proveniente de cortes, quer de empréstimos, no interior dos limites das seções de projeto (“off-sets”), que definem o corpo estradal.

As operações de aterro compreendem:

- a) Descarga, espalhamento, conveniente umedecimento ou aeração, e compactação dos materiais de cortes ou empréstimos, para a construção do corpo do aterro, até às cotas indicadas em projeto. As condições a serem obedecidas para a compactação serão objeto do item Execução.
- b) Descarga, espalhamento, homogeneização, conveniente umedecimento ou aeração, e compactação dos materiais selecionados oriundos de cortes ou empréstimos, para a construção da camada final do aterro até a cota correspondente ao greide da terraplenagem. As condições a serem obedecidas para a compactação serão objeto do item Execução.
- c) Descarga, espalhamento, conveniente umedecimento ou aeração, compactação dos materiais oriundos de cortes ou empréstimos, destinados a substituir eventualmente os materiais de qualidade inferior, previamente retirados, a fim de melhorar as fundações dos aterros e/ou cortes.

2. MATERIAIS

Os materiais deverão ser selecionados dentre os de 1ª categoria e eventualmente os de 2ª categoria, atendendo a qualidade e a destinação prevista no projeto.

Os solos para os aterros provirão de empréstimos ou de cortes existentes, devidamente selecionados no projeto. A substituição desses materiais selecionados por outros, quer seja por necessidade de serviço ou interesse do Executante, somente poderá ser processada após prévia

autorização por escrito da Fiscalização.

Os solos para os aterros deverão ser isentos de matérias orgânicas, micácea e diatomácea. Turfas e argilas orgânicas não devem ser empregadas.

Na execução do corpo dos aterros não será permitido o uso de solos que tenham baixa capacidade de suporte ($ISC \leq 2\%$ e expansão maior do que 4%).

A camada final dos aterros deverá ser constituída de solos selecionados na fase de projeto, dentre os melhores disponíveis, os quais serão objeto de fixação nas Especificações Complementares. Não será permitido uso de solos com expansão maior do que 2%.

3. EQUIPAMENTOS

A execução dos aterros deverá prever a utilização racional de equipamento apropriado, atendidas as condições locais e a produtividade exigida.

Na construção dos aterros poderão ser empregados tratores de lâmina, escavo-transportadores, moto-escavo-transportadores, caminhões basculantes, moto-niveladora, rolos lisos, de pneus, pés-de-carneiro, estáticos ou vibratórios.

4. EXECUÇÃO

- a) A execução dos aterros subordinar-se-á aos elementos técnicos fornecidos ao Executante e constantes das notas de serviço elaboradas de conformidade com o projeto.
- b) A operação será precedida da execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza.
- c) Preliminarmente à execução dos aterros, deverão estar concluídas as obras-de-

arte correntes necessárias à drenagem da bacia hidrográfica interceptada pelos mesmos, salvo quando houver indicação contrária.

- d) É sempre aconselhável que, na construção de um aterro, seja lançada uma primeira camada de material granular permeável, de espessura prevista em projeto, que funcionará como dreno para as águas de infiltração no aterro.
- e) No caso de aterros totalmente assentes sobre encostas com inclinação transversal acentuada, de acordo com o projeto, as encostas naturais deverão ser escarificadas com um trator de lâmina, produzindo ranhuras, acompanhando as curvas de nível.
- f) Se a natureza do solo condicionar a adoção de medidas especiais, para a solidarização de aterro ao terreno natural, a Fiscalização poderá exigir a execução de degraus ao longo da área a ser aterrada.
- g) O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em camadas sucessivas, em toda a largura da seção transversal, e, em extensões tais, que permitam seu umedecimento e compactação de acordo com o previsto nestas Especificações Gerais. Para o corpo dos aterros, a espessura da camada compactada não deverá ultrapassar de 0,30m. Para as camadas finais essa espessura não deverá ultrapassar de 0,20m.
- h) Todas as camadas deverão ser convenientemente compactadas. Para o corpo dos aterros, deverão ser na umidade ótima, até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 95% da massa específica aparente máxima seca, do ensaio DNER-ME 47-64. Para as camadas finais, aquela massa específica aparente seca deve corresponder a 100% da massa específica aparente máxima seca, do referido ensaio. Os trechos que não atingirem as condições mínimas de compactação e máxima de espessura, deverão ser escarificados, homogeneizados, levados à umidade adequada e novamente compactados, até atingir a massa específica aparente seca exigida.

- i) No caso de alargamento de aterros, sua execução obrigatoriamente será procedida de baixo para cima, acompanhada de degraus nos seus taludes. Desde que justificado em projeto, poderá a execução ser feita por meio de arrasamento parcial do aterro existente, até que o material escavado preencha a nova seção transversal, complementando-se após, com material importado, toda a largura da referida seção transversal. No caso de aterros em meia encosta, o terreno natural deverá ser também escavado em degraus.
- j) A inclinação dos taludes de aterro, tendo em vista a natureza dos solos e as condições locais, será fornecida pelo projeto.
- k) Para a construção de aterros assentes sobre terreno de fundação de baixa capacidade de carga, o projeto deverá prever a solução e controle a ser seguido. No caso da consolidação por adensamento da camada mole, será exigido o controle por medição de recalques e, quando prevista, a observação da variação das pressões neutras. O preparo da fundação, onde o emprego de equipamento convencional de Terraplenagem não for possível, ou que as características da fundação exijam soluções específicas, terão obrigatoriamente Projetos detalhados.
- l) Os aterros-barragens terão o seu projeto e construção fundamentados nas considerações de problemas referentes à compactação de solos, estabilidade do terreno de fundação, estabilidade dos taludes e percolação da água nos meios permeáveis. Constarão especificamente do projeto.
- m) Em regiões onde houver ocorrência predominante de areia admitir-se-á à execução de aterros com o emprego da mesma, desde que haja conveniência, e a critério da Fiscalização. Deverão ser atendidos requisitos visando ao dimensionamento da espessura de camadas, regularização das mesmas, execução de leivas de contenção sobre material terroso e a compactação das camadas de material terrosos subsequentes ao aterro em areia.

- n) A fim de proteger os taludes contra os efeitos da erosão, deverá ser procedida a sua conveniente drenagem e obras de proteção, com o objetivo de diminuir o efeito erosivo da água, tudo de conformidade com o estabelecido no projeto.
- o) Havendo a possibilidade de solapamento da saia do aterro, em épocas chuvosas, deverá ser providenciada a construção de enrocamento, no pé do aterro. Na execução de banquetas laterais ou meios-fios, conjugados com sarjetas revestidas, desde que previstas no projeto, as saídas de água serão convenientemente espaçadas e ancoradas na banquetta e na saia do aterro. O detalhamento destas obras será apresentado no projeto.
- p) Nos locais de travessia de cursos d'água ou passagens superiores todas as medidas de precaução deverão ser tomadas a fim de que o método construtivo empregado na construção dos aterros de acesso não origine movimentos ou tensões não previstas nos cálculos das obras-de-arte.
- q) Os aterros de acesso próximos dos encontros de pontes, o enchimento de cavas de fundações e das trincheiras de bueiros, bem como todas as áreas de difícil acesso ao equipamento usual de compactação, serão compactados mediante o uso de equipamento adequado, como soquetes manuais, sapos mecânicos, etc. A execução será em camadas, nas mesmas condições de massa específica aparente seca e umidade descritas para o corpo de aterros.
- r) Durante a construção, os serviços já executados deverão ser mantidos com boa conformação e permanente drenagem superficial.

5. CONTROLE

5.1. Controle Tecnológico

- a) Um ensaio de compactação, segundo o método DNER-ME 47-64, para no mínimo

cada 1.000m³ de um mesmo material do corpo de aterro.

- b) Um ensaio de compactação, segundo o método DNER-ME 47-64, para cada 200m³ de um mesmo material do corpo de aterro.
- c) Um ensaio para determinação da massa específica aparente seca, “in situ”, para no mínimo cada 1.000m³ de material compactado do corpo do aterro, correspondente ao ensaio de compactação referido na alínea “a” e, no mínimo, duas determinações, por camada.
- d) Um ensaio para determinação da massa específica aparente seca, “in situ”, para cada 100m da camada final do aterro, alternadamente no eixo e bordos, correspondente ao ensaio de compactação referido na alínea “b”.
- e) Um ensaio de granulometria (DNER-ME 80-64), do limite de liquidez (DNER-ME-44-64) e do limite de plasticidade (DNER-ME 82-63), para o corpo do aterro para todo grupo de dez amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “a”.
- f) Um ensaio de granulometria (DNER-ME 80-64), do limite de liquidez (DNER-ME 44-64) e do limite de plasticidade (DNER-ME 82-63) para camadas finais do aterro, para todo o grupo de quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b”.
- g) Um ensaio do índice de suporte califórnia, com a energia do método DNER-ME 47-64, para as camadas finais, para cada grupo de quatro amostras submetidas ao ensaio de compactação, segundo a alínea “b”.

5.2. Controle Geométrico

O acabamento da plataforma de aterro será procedido mecanicamente, de forma a

alcançar-se a conformação da seção transversal do projeto, admitidas as seguintes tolerâncias:

- a) Variação da altura máxima $\pm 0,05\text{m}$ para o eixo e bordos.
- b) Variação máxima da largura de $+ 0,30\text{m}$ para a semi-plataforma, não se admitindo variação para menos.

O controle será efetuado por nivelamento de eixo e bordos.

O acabamento, quanto a declividade transversal e inclinação dos taludes, será verificado pela Fiscalização, de acordo com o projeto.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

As providências a serem tomadas visando a preservação do meio ambiente referem-se a execução dos dispositivos de drenagem e da proteção vegetal dos taludes previstos no projeto, para evitar erosões e o conseqüente carreamento de material que poderá assorear os cursos d'água.

Os bota-foras, em alargamento de aterros, deverão ser compactados com a mesma energia utilizada nos aterros.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os aterros serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE TERRAPLENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

PAVIMENTAÇÃO

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Concluídos os Serviços de Terraplenagem obtém-se uma superfície chamada *leito*, que limita superiormente o *terreno de fundação do Pavimento*, usualmente chamado *Subleito*.

1.2 As tolerâncias geométricas para a formação do leito ao término da Terraplenagem não são compatíveis com as exigências para as Camadas do Pavimento, que são crescentes de baixo para cima (do Reforço para o Revestimento).

Por exemplo, ao término de um corte, as exigências usuais são:

- a) variação máxima de cota (eixo e bordos) $\pm 10\text{cm}$
- b) variação máxima de largura: $+ 20\text{cm}$ (não se admitindo falta)

Para a Pavimentação, exige-se para o leito:

- a) variação de cota (eixo e bordos): $\pm 3\text{cm}$
- b) variação máxima de largura: $\pm 10\text{cm}$
- c) flecha de abaulamento: $+ 20\%$ (não se admitindo falta, exigência não feita na Terraplenagem).

1.3 *Regularização do Subleito* é a denominação tradicional para as operações (cortes e aterros até 20cm) necessárias à obtenção de um *leito* “conformado” para receber um pavimento. Cortes e aterros acima de 20cm são considerados *Serviços de Terraplenagem*, enquanto a Regularização do Subleito, que também envolve a compactação dos 20cm superiores do Subleito, é considerada um *Serviço de Pavimentação*.

1.4 Pode acontecer, numa *Regularização do Subleito*, ser necessária a importação de

solos, sendo a única exigência que suas características de suporte sejam iguais ou superiores às do solo constituinte da camada superior do Subleito.

2. DEFINIÇÃO

A *Regularização do Subleito* é uma operação executada na camada final da Terraplenagem destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, de modo a torná-lo compatível com as exigências geométricas das camadas subjacentes do *Pavimento*. Essa operação consta essencialmente de cortes e/ou aterros até 0,20m, de escarificação e compactação de modo a garantir uma densificação homogênea nos 0,20m superiores do *Subleito*.

3. MATERIAIS

Os materiais empregados na regularização do subleito serão os de características iguais a da camada superior da Terraplenagem. Quando for necessário a adição de materiais, estes materiais deverão vir de ocorrências previamente estudadas e obedecerão aos seguintes limites:

- Diâmetro máximo de partícula igual ou inferior a 76mm.
- CBR (Índice de Suporte Califórnia) para energia do Proctor Normal (DNER-ME 47/64), igual ou superior ao do material considerado no dimensionamento do Pavimento, como representativo do intervalo (CBR de Projeto).
- Expansão, medida no ensaio de Índice de Suporte Califórnia – (DNER-ME 50/64) – para energia do Proctor Normal, inferior 2,0%.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço.

4.2 A “Motoniveladora” deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cuja espessura após a compactação possa atingir o mínimo de 20,0cm e

de conformar a superfície acabada dentro das exigências da Especificação.

4.3 A “Grade de Discos”, rebocada por um conveniente “Trator de Pneus” deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e homogeneização do teor de água iniciados pela Motoniveladora.

4.4 Os Caminhões Distribuidores d’água deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

4.5 Poderão ser, de um modo geral, usados isoladamente ou em combinação os três seguintes tipos de Rolos Compactadores:

- rolo liso vibratório – autopropulsor ou rebocável “por Trator de Pneus”, com controle de frequência de vibração, e com a relação “peso/largura de roda” no intervalo 21 a 45 kgf/cm;
- rolo pé-de-carneiro (pata curta) vibratório – autopropulsor ou rebocável por “Trator de Pneus”, com controle de frequência de vibração;
- e para solos mais arenosos:
- rolo liso pneumático – autopropulsor, com pressão variável (35 a 120 lib./pol², ou 2,5 a 8,4 kgf/cm²).

5. EXECUÇÃO

A execução da Regularização do Subleito envolve basicamente as seguintes operações:

- Escarificação e Espalhamento dos Materiais
- Homogeneização dos Materiais Secos
- Umedecimento (ou Aeração) e Homogeneização da Umidade
- Compactação
- Acabamento
- Liberação ao Tráfego

5.1. Escarificação e Espalhamento dos Materiais

Após a marcação topográfica da Regularização, proceder-se-á a escarificação, até 0,20m abaixo da cota de projeto, e ao espalhamento do material escarificado até a cota estabelecida para o material solto, de modo que após a “compactação” e o “acabamento” atinja a cota do Projeto.

Caso seja necessário a importação de materiais, os mesmos serão lançados após a escarificação e espalhamento do material, efetuando-se então uma nova operação de espalhamento. As raízes e blocos de pedra ($\phi > 76\text{mm}$) porventura existentes serão removidos.

Caso seja necessário bota-fora, o mesmo poderá ser feito lançando-se o excesso nos taludes de aterros ou nos PPs, sem prejuízo à drenagem e às obras-de-arte.

5.2. Homogeneização dos Materiais Secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga heterogeneidades. Nessa fase será complementada a remoção de raízes, blocos de pedra ($\phi > 76\text{mm}$) e outros materiais estranhos.

5.3. Umedecimento (ou Aeração) e Homogeneização da Umidade

Para atingir-se a faixa de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques (para umedecimento), motoniveladora e grade de disco. A faixa de umidade para compactação deverá ser fixada através da curva de compactação, tomando-se o intervalo (hot -1,5)% a (hot + 1,5)%.

5.4. Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo pé-de-carneiro vibratório (com controle de frequência de vibração) e se possível de “pata curta”. Eventualmente os lisos vibratórios e os pneumáticos autopropulsores ou rebocáveis.

Deverá ser obtida, experimentalmente na pista, para um mesmo tipo de material, a relação entre o “número de coberturas do rolo versos grau de compactação” para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto).

5.5. Acabamento

A operação de acabamento envolve rolos compactadores e motoniveladora que dará a conformação geométrica longitudinal e transversal da Superfície.

Só é permitido a conformação geométrica por corte.

As pequenas “depressões e saliências”, resultante do acabamento com uso de rolos pé-de-carneiro (pata curta) vibratórios autopropulsores, ou rebocáveis, não são problemas à superfície acabada.

5.6. Liberação ao Tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo pelos Controles Tecnológico e Geométrico a mesma pode ser entregue ao tráfego.

O intervalo de tempo em que a Regularização do Subleito pode ficar exposta ao tráfego é função de várias variáveis, como:

- Características Físicas e Suporte do Material.
- Umidade do Material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques.
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento podem danificar rapidamente a camada.

- Intensidade do Tráfego.

Em princípio, é vantajoso expor a Regularização do Subleito ao tráfego usuário “durante o maior tempo possível”, quando se tem a oportunidade de aumentar seu “grau de compactação” e de se observar seus defeitos.

5.7. Deverá ser mantido permanentemente um “Fiscal de Pista” para o acompanhamento dos Materiais, da Execução e dos Controles Tecnológico e Geométrico referentes à Regularização do Subleito, que deverá comunicar o Engenheiro Fiscal todas as irregularidades porventura ocorridas que tomará as providências julgadas cabíveis.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais

A “condição essencial” é que os materiais empregados na Regulamentação do Subleito tenham características satisfazendo a esta Especificação e às Especificações Complementares e Particulares adotadas no Projeto.

6.1.1 Controle do Teor de Umidade de Compactação

Para cada 100m de comprimento do “pano” a ser compactado, será determinado um “teor de umidade”, imediatamente antes da compactação pelo “método expedito da frigideira” (500g para os solos mais gráudos e 200g para os solos mais finos – ensaio este feito “in situ”).

Para o controle da homogeneidade do teor de umidade, será utilizado o aparelho “Speedy” que permite com rapidez a determinação de teores de umidade em pontos aleatórios dentro do “pano” a ser compactado. Deve-se procurar, se possível, para cada tipo de solo, a correlação

entre o teor de umidade determinado pelo “Speedy” e o teor de umidade determinado pelo “método da frigideira”.

Só será permitida a compactação do referido “pano” se praticamente todos os resultados estiverem dentro da citada faixa de teor de umidade. Em caso contrário, deverá ser procedido um “umedecimento” (ou “aeração”), acompanhado dos processos de homogeneização, até se conseguir o enquadramento na faixa de “teor de umidade de compactação”.

6.1.2 Controle de Outras Características dos Materiais

a) Serão controladas as seguintes características:

- 1 – Granulometria (DNER-ME 80/64)
- 2 – Limite de Liquidez – LL (DNER-ME 44/71)
- 3 – Índice de Plasticidade – IP (DNER-ME 82/63)
- 4 – Índice de Suporte Califórnia – CBR e Expansão (DNER-ME 50/64)

b) Para os ensaios 1, 2, e 3 colhe-se uma amostra de cerca de 5kg, do material espalhado e homogeneizado, um pouco antes da compactação, a cada 250 metros. Esses ensaios não servirão para o “critério de aceitação” já que não foram especificados, mas constarão do REGISTRO DO CONTROLE TECNOLÓGICO, pois são considerados úteis para futuras comprovações e pesquisas.

c) Para o ensaio 4 – CBR colhe-se, uma amostra na pista, imediatamente antes da compactação, moldando-se um Corpo de Prova para o ensaio CBR com a energia do Proctor Normal (PN) (DNER-ME 50/64), a cada 250m, coincidindo com o local da amostra do item (b).

d) Para cada N = 10 amostras assim colhidas e ensaiadas, correspondendo a cerca de 2.500m de extensão de Regularização, calcula-se os seguintes

valores estatísticos:

$$U_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} = X_{\text{máx}} + 0,68s$$

$$U_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} = X_{\text{mín}} + 0,68s$$

onde é, $\bar{X} = \Sigma X_i / N$

$$s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$$

$$X_{\text{máx}} = U_{\text{máx}} + 0,68s$$

$$X_{\text{mín}} = U_{\text{mín}} - 0,68s$$

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

e) Sendo:

t¹ mín o valor mínimo para CBR (CBR de Projeto)

t² máx o valor para a expansão (CBR) = 2,0 %

O material é considerado “aprovado” (AP) se foram satisfeitas todas as seguintes condições:

$$U^1 \text{ mín} > t^1 \text{ mín}$$

$$X^2 \text{ máx} \leq 2,0\%$$

- f) Se pelo menos uma das condições de (e) não for satisfeita, mas se os resultados satisfizerem a seguinte situação:

$$U^1 \text{ mín} \geq 0,9 \text{ t}^1 \text{ mín}$$

$$X^2 \text{ máx} \leq 1,1 \text{ t}^2 \text{ máx}$$

Então, o material é considerado “aprovado sob reserva” (ASPR).

- g) Se o material não for considerado (AP) nem (APSR) passa a ser considerado *não aprovado* (NAP).
- h) O serviço de Regularização do Subleito, quanto aos materiais, é *considerado aceito*, se verificar-se a condição (AP) ou (APSR).

Entretanto se verificar-se uma das seguintes situações:

- mais de 2 (APSR) consecutivos
 - se o número de (APSR), calculado cumulativamente, ultrapassar a 30% do número \underline{n} correspondente à soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 10$, então, a partir daí, o serviço só será *considerado aceito* com a condição (AP).
- i) Se o serviço de Regularização do Subleito *não for considerado aceito* quanto ao material, o mesmo será escarificado e, de acordo com o Engenheiro Fiscal, poderá o material:
- ser lançado fora
 - ser corrigido com a adição de outros materiais granulares.

6.2. Execução

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a satisfazer o “grau mínimo de compactação” especificado.
- b) Grau de Compactação (GC) é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (Ds), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca máxima (Ds, máx).

$$GC = \frac{D_s}{D_{s, máx}} \times 100$$

Ds - obtida “in situ” (DNER-ME 92/64) sendo h – teor de umidade obtido com a “frigideira”).

Ds, máx - obtida no ensaio de compactação (DNER-ME 48/64).

- c) A cada 100m de pista, na ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito, etc., a 60cm do bordo, colhe-se uma amostra do material na pista, já homogeneizado, para a determinação de Ds, máx. Aproximadamente no mesmo local realiza-se a determinação de Ds “in situ”, calculando-se, então o GC.

Após N = 10 ensaios, calcula-se o valor X_{mín} estatístico correspondente a GC, representando uma extensão de 1.000m de regularização.

- d) O serviço será considerado “aprovado” (AP), se

$$X_{mín} \geq 99\% \text{ (sendo } X_{mín} = U_{mín} - 0,68s \text{ ver item 6.1.2.c)}$$

- e “aprovado sob reserva” (APSR), se

$$X_{mín} \geq 98\%.$$

Se o serviço não for (AP) nem (APSR) será considerado “não aprovado” (NAP).

- e) O “serviço será considerado aceito”, quanto a compactação, se for (AP) ou (APSR).

Entretanto, se houver mais de 3 (APSR) consecutivos, então, a partir daí, o “serviço será considerado aceito” com apenas (AP).

- f) Se o serviço for (NAP), “não será aceito”, devendo-se escarificar a Regularização, e proceder-se a uma nova compactação.

6.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes do início dos serviços de Regularização do Subleito, serão traçados gráficos, onde em “abscissas” constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em “ordenadas” os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos “intervalos de estaqueamento” (ou de quilometragem):

- 1) Granulometria
- 2) Limite de Liquidez (LL)
- 3) Índice de Plasticidade (IP)
- 4) Índice de Suporte Califórnia (CBR) e Expansão (CBR)
- 5) Grau de compactação (GC)

- b) A Fiscalização, elaborará “Relatórios Mensais” obrigatoriamente assinados, e rubricados em todas as páginas, pelo Engenheiro Fiscal e pelo Engenheiro da Construtora.

- c) Esses “Relatórios Mensais” deverão conter:

- os gráficos citados em (a);
- todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a “qualidade da obra”.

- d) Os Relatórios Mensais serão arquivados em 2 vias; uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

7. CONTROLE GEOMÉTRICO

7.1. Controle de Cotas

Após a execução da Regularização do Subleito proceder-se-á a relocação do eixo, e marcar-se-á de 20 em 20m, a trena, os seguintes 4 pontos: 2 correspondentes aos bordos do futuro Revestimento, e 2 correspondentes aos bordos da plataforma regularizada.

Os 5 pontos (com o correspondente ao eixo) serão nivelados, e comparados com as cotas estabelecidas no Projeto.

Não será tolerado nenhum valor individual de cota fora do intervalo $(C + 2,0)$ cm a $(C - 3,5)$ cm sendo C a Cota de Projeto, para o ponto considerado.

O serviço será “aprovado” (AP) se a Cota de cada ponto, comparada com a de projeto, ficar compreendida entre $(C - 3)$ cm a $(C + 2)$ cm.

Se a Cota de cada ponto, comparada com a de projeto, ficar compreendida entre $(C - 3,5)$ cm a $(C + 2,0)$ cm o serviço será considerado “aprovado sob reserva” (APSR).

Se o serviço não for (AP) ou (APSR) será considerado “não aprovado” (NAP).

O serviço de regularização, quanto às cotas, é “considerado aceito” se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto, se houver mais de 20 (APSR) consecutivos, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente à soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 100$, então a partir daí, o serviço só será “considerado aceito” com a condição (AP).

Se o serviço de regularização “não for considerado aceito” quanto às Cotas de Projeto, o mesmo deverá ser “completamente refeito”.

7.2. Controle da Largura e da Flecha de Abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

- a) a largura da Plataforma, com trena;
- b) a flecha de abaulamento, de acordo com o nivelamento dos 3 pontos (eixo e bordos do futuro Revestimento).

O “serviço será aceito”, quanto à largura e à flecha de abaulamento do Projeto, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerância “não forem ultrapassados”:

- ± 10 cm quanto à largura
- até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

Se o serviço “não for aceito”, a regularização deverá ser completamente refeita.

8. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental.

Como a maioria das operações para execução da regularização acontecem sobre o corpo estradal, os cuidados destinados à preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos:

- a) Os cuidados para a preservação ambiental se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

- b) Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar a destruição desnecessária da vegetação.
- c) As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizados de forma a evitar que, resíduos de lubrificantes e/ou de combustível sejam levados até os cursos d'água. Observar o período chuvoso.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um serviço de Regularização do Subleito será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 *Pavimento Rodoviário* – é uma estrutura construída sobre o *subleito*, também chamado de *Terreno de Fundação do Pavimento* e obtido nos serviços de terraplenagem, com a finalidade de propiciar ao usuário do transporte rodoviário “*Segurança*” e “*Conforto*”.

1.2 Em princípio, um Pavimento é constituído por duas camadas: o “*Revestimento*” e a “*Base*”.

O “*Revestimento*”, ficando diretamente sob a ação dos pneumáticos dos veículos, deve apresentar “qualidades específicas” (maior resistência aos esforços tangenciais, boas condições ao rolamento, etc.) além das características usuais “hidráulicas” e de “resistência mecânica”.

1.3 No chamado *Pavimento Asfáltico* pelo menos o “*Revestimento*” é uma camada asfáltica, podendo a “*Base*” ser ou não de natureza asfáltica. O Pavimento Asfáltico é também chamado, aliás sem muita propriedade, de Pavimento Flexível.

Por motivos econômicos, a “*Base*” pode ser decomposta em várias camadas, geralmente no máximo em três camadas: a “*Base*” propriamente dita, a “*Sub-Base*” e o “*Reforço*” (às vezes chamado impropriamente de “*Reforço do Subleito*”). Como as “*tensões*” provenientes das “*cargas de roda*” dos veículos vão decrescendo de cima para baixo, as exigências das Especificações vão crescendo do “*Reforço*” para a “*Base*”.

1.4 O chamado Pavimento de Concreto de Cimento Portland é constituído por uma camada de concreto de cimento portland tradicional (350 a 400kg de cimento por m³), com 15 a 25cm de espessura, funcionando simultaneamente como “*Revestimento*” e “*Base*”.

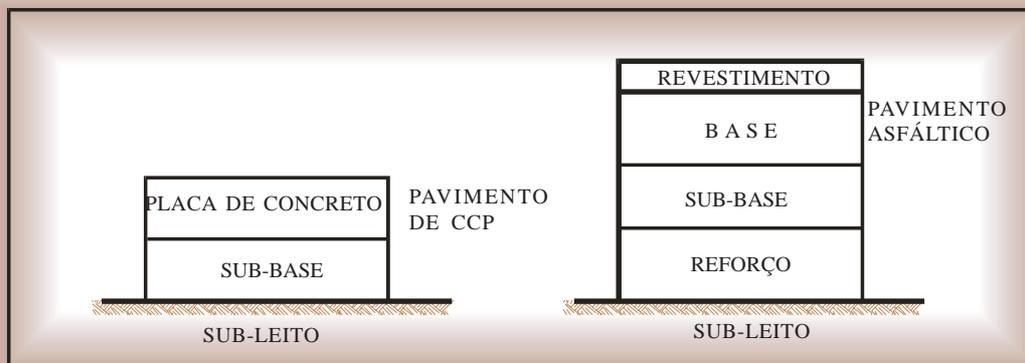
O Pavimento de Concreto de Cimento Portland é também chamado, aqui com mais propriedade, de Pavimento Rígido, e seu “*projeto*” e “*construção*” são objetos de “*Procedi-*

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 02/18

mentos” e de “Especificações” Especiais.

O Pavimento de Concreto de Cimento Portland é projetado e construído em forma de “Placas” devido às necessárias “juntas” (longitudinais e transversais), sendo essas “Placas” geralmente assentes sobre uma Sub-Base.



1.5 O *Reforço* é a camada mais modesta de um Pavimento, sendo por isso geralmente constituído por uma “camada de solo convenientemente compactada”, ou seja, por um “solo estabilizado mecanicamente”.

1.6 Entende-se vulgarmente por camada “estabilizada” aquela capaz de suportar os esforços para a qual foi destinada. Evidentemente, qualquer camada de um pavimento deve ser necessariamente “estável”, usando-se a denominação “estabilizada” para indicar o principal processo usado, por exemplo: “solo estabilizado com cal” – “solo estabilizado com cimento portland” – “solo estabilizado com asfalto” – “brita estabilizada com cimento portland”, etc.

Quando um solo é “estabilizado” somente por compactação, sem necessidade de um aditivo, para a finalidade a que se destina, usualmente emprega-se o termo – “estabilizado mecanicamente”, e como geralmente com uma “boa granulometria” se consegue um maior “índice de estabilidade” (geralmente medido pelo CBR), usa-se o termo *estabilizado granulometricamente* como sinônimo de *estabilizado mecanicamente*.

1.7 Como para “Base” se exige que o solo se enquadre numa determinada “faixa

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 03/18

granulométrica”, usando-se para isso “um solo” ou uma “mistura de solos”, usa-se a denominação de “Base Estabilizada Granulometricamente”. Como para “Sub-Base” essa exigência pode ser ou não feita, e para “Reforço” geralmente não é feita – ficaria aqui melhor as denominações de: “Sub-Base Estabilizada Mecanicamente” e “Reforço Estabilizado Mecanicamente”. Por outro lado, diz-se geralmente: “Reforço” ou “Reforço do Subleito” (impropriamente, pois a camada pertence ao Pavimento) subentendendo-se as palavras – “Estabilizado Mecanicamente” ou “Estabilizado Granulometricamente”.

Nestas Especificações Gerais adotou-se a seguinte nomenclatura:

- Base Estabilizada Granulometricamente
- Sub-Base Estabilizada Granulometricamente
- Reforço Estabilizado Granulometricamente

1.8 A única exigência que, de um modo geral, se faz para o Reforço é que tenha CBR (Índice de Suporte Califórnia) razoavelmente superior ao do Subleito, com uma expansão no máximo de 1,0%. A compactação deve ser realizada na energia do chamado “Proctor Intermediário” (ou “AASHTO Intermediário”), a não ser que haja indicação explícita nas Especificações Particulares do Projeto.

1.9 Usualmente, não se prevê para o Reforço uma “mistura de solos” e muito menos o uso de “aditivos” (cal, cimento portland, etc.), mas apenas um “único solo” não muito expansivo e com um valor suporte maior que o do Subleito. Entretanto, nada impede que as Especificações Particulares do Projeto indiquem a “mistura de 2 solos”, a utilização de “brita” ou mesmo a utilização de um “aditivo” (cal, cimento portland, asfalto, etc.).

1.10 A denominação de “Reforço Estabilizado Granulometricamente” serve, inclusive, para se diferenciar essa camada do pavimento das camadas asfálticas utilizadas como “Reforço” dos Pavimentos Asfálticos antigos.

2. DEFINIÇÃO

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE – É a camada do

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 02/01 PÁG. 04/18

Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de Sub-Base, usualmente constituída de solos, que obtém a necessária estabilidade para cumprir suas funções *apenas devido a uma conveniente compactação, sem necessidade de nenhum aditivo.*

3. MATERIAIS

Os materiais empregados em Reforço Estabilizado Granulometricamente (RFEG) são usualmente solos sem misturas e devem apresentar as seguintes características:

- CBR (Índice de Suporte Califórnia) superior ao do Subleito, o ensaio CBR sendo realizado segundo o DNER-ME 49/74 com a energia do DNER-ME 48/64 ou outra especificada no Projeto (no caso de misturas com produtos de britagem ou produtos totais de britagem);
- Expansão medida no ensaio CBR não deve ser inferior a 1,0%.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço.

4.2 A *Motoniveladora* deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cujas espessuras após a compactação possa atingir o mínimo de 20,0cm, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da Especificação.

4.3 A *Grade de Discos*, rebocada por um conveniente Trator de Pneus deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e “homogeneização do teor de água” iniciados pela Motoniveladora.

4.4 Os *Caminhões Distribuidores* d'água deverão ter capacidade suficiente para evitar

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 05/18

o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

4.5 Poderão ser usados isoladamente ou em combinação os dois seguintes tipos de Rolos Compactadores:

- a) rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, com a relação “peso/largura de roda” no intervalo 21 a 45 kgf/cm;
- b) rolo liso vibratório – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, e com a relação “peso/largura de roda” no intervalo 21 a 45 kgf/cm.

4.6 No caso de misturas o equipamento é o previsto AGETOP-ES-P 03/01.

5. EXECUÇÃO

5.1 Quando houver mistura de mais de 2 componentes, essa mistura terá de ser necessariamente feita em *Usina de Solos*.

A mistura de até 2 componentes pode ser opcionalmente feita *na pista*.

Em ambos os casos a mistura seguirá o que preconiza a AGETOP-ES-P 03/01.

5.2 A execução de Reforço Estabilizado Granulometricamente envolve basicamente as seguintes operações:

- Espalhamento
- Homogeneização dos Materiais Secos
- Umedecimento ou Aeração e Homogeneização de Umidade

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 02/01 PÁG. 06/18

- Compactação
- Acabamento
- Liberação ao Tráfego

5.2.1 Espalhamento

O espalhamento do material depositado na plataforma se fará com motoniveladora. O material será espalhado de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderão ser confeccionadas camadas com espessuras compactadas superiores a 20,0cm nem inferiores a 10,0cm.

5.2.2 Homogeneização dos Materiais Secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga heterogeneidades. Nessa fase serão retirados os materiais estranhos (blocos de pedra, raízes, etc.). O destorroamento do material é fundamental.

5.2.3 Umedecimento ou Aeração e Homogeneização da Umidade

Para atingir-se a faixa do teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques (para umedecimento), motoniveladora e grade de discos (para aeração). A faixa de umidade deverá ser preferencialmente fixada através da curva CBR “versus” umidade, entrando-se com o valor do CBR fixado e determinando-se a faixa de “teor de umidade de compactação”.

A curva CBR x h deverá ser obtida simultaneamente com a curva de compactação (DNER-ME 49/74) utilizando a energia de compactação do DNER-ME 48/64 (ou a especificada no Projeto).

Se por qualquer motivo não se poder traçar a curva CBR x h, deve-se adotar a faixa:

(Hot -1,5)% a (Hot + 0,5)%

É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade.

5.2.4 Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) autopropulsor em combinação com rolo liso vibratório autopropulsor, podendo-se entretanto usar-se apenas um desses rolos, isoladamente.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “número de coberturas do rolo versus grau de compactação” para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto).

No caso de misturas de solo com material de britagem ou produtos totais de britagem (solo brita, brita graduada), o Projeto indicará quais os procedimentos a serem adotados.

5.2.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com rolos compactadores usados, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o Projeto, e com o auxílio de motoniveladora.

Só é permitido a conformação geométrica por corte.

5.2.6 Liberação ao Tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, o mesmo poderá ser entregue ao tráfego usuário.

O intervalo de tempo que um Reforço Estabilizado Granulometricamente pode ficar exposto ao tráfego usuário é função de várias variáveis, tais como:

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 08/18

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques.
- Coesão do material
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento podem danificar rapidamente a camada.
- A intensidade do tráfego.

Em princípio, é vantajoso expor o Reforço Estabilizado Granulometricamente ao tráfego usuário durante o maior tempo possível, quando se tem oportunidade de aumentar seu “grau de compactação” e de se observar seus defeitos.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais

A *condição essencial* é que os materiais empregados no Reforço Estabilizado Granulometricamente (RFEG) tenham características satisfazendo a esta Especificação e às Especificações Complementares e Particulares adotadas no Projeto.

6.1.1 Exploração de Jazidas de Solos

A Fiscalização manterá permanentemente na obra um “Fiscal de Jazida” que visitará, em todos os dias úteis, as Jazidas de Solos em exploração, observando o modo de exploração e a natureza dos materiais obtidos. Cuidados especiais serão dedicados a evitar que sejam cavados “fundos de jazidas” com solos diferentes dos indicados no Projeto.

O “Fiscal de Jazida” deverá impedir que materiais suspeitos sejam transportados para a Pista. Quaisquer fatos considerados graves deverão ser comunicados ao Engenheiro Fiscal (do AGETOP ou da Consultora por ele contratado), que ajuizará sobre a necessidade ou não de suspender os serviços de exploração, e que tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.2 Controle do Teor de Umidade de Compactação

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 09/18

Para cada 100m de comprimento do “pano” a ser compactado, será determinado um “teor de umidade”, imediatamente antes da compactação, pelo “método expedito da frigideira” (500g para os solos mais graúdos e 200g para os solos mais finos – ensaio este feito “in situ”).

Para o controle da homogeneidade do teor de umidade, será utilizado o aparelho “Speedy” que permite com rapidez a determinação de teores de umidade em pontos aleatórios dentro do “pano” a ser compactado. Deve-se procurar, se possível, para cada tipo de solo, a correlação entre o teor de umidade determinado pelo “método da frigideira”.

Só será permitida a compactação do referido “pano” se praticamente todos os resultados estiverem dentro da citada faixa de teor de umidade. Em caso contrário, deverá ser procedido um “umedecimento” (ou “aeração”), acompanhado dos processos de homogeneização, até se conseguir o enquadramento da faixa de “teor de umidade de compactação”.

6.1.3 Controle de Outras Características dos Materiais

a) Serão controladas as seguintes características:

- 1 Granulometria (DNER-ME 80/64)
- 2 Limite de Liquidez – LL (DNER-ME 44/71)
- 3 Índice de Plasticidade – IP (DNER-ME 82/63)
- 4 Índice de Suporte Califórnia – CBR

b) Colhe-se na Pista uma amostra de cerca de 5kg, a cada 250 metros, do material espalhado e homogeneizado, um pouco antes da compactação, para os ensaios 1, 2 e 3.

c) Para o ensaio 4 – CBR, colhe-se uma amostra na pista, após a aprovação para a compactação, moldando-se um Corpo de Prova para o ensaio CBR com a energia especificada no Projeto (DNER-ME 48/64), a cada 250

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 10/18

metros do RFEG, coincidindo com o local da amostra do item (b).

- d) Para cada $N = 10$ amostras assim colhidas e ensaiadas, correspondendo a cerca de 2.500 metros de extensão de RFEG, calcula-se os seguintes valores estatísticos:

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s$$

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s$$

$$U_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$U_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$\text{onde } \bar{X} = \Sigma X_i / N \quad \text{e} \quad s = \sqrt{\Sigma (X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$$

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

- e) sendo:

t¹ mín o valor mínimo para o CBR

t² máx o valor máximo para a expansão.

O material é considerado aprovado (AP) se forem satisfeitas todas as seguintes condições:

$$t^1 \text{ mín} \leq U^1 \text{ mín}$$

$$t^2 \text{ máx} \geq U^2 \text{ máx}$$

- f) Se pelo menos uma das condições de (e) não for satisfeita, mas se os resultados satisfizerem à seguinte situação:

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 02/01 PÁG. 11/18

- Expansão, 20% maior que o valor exigido;
- CBR, 10% menor que o valor exigido,

então, o material é considerado aprovado sob reserva (APSR).

- g) Se o material não for considerado (AP) nem (APSR) passa a ser considerado não aprovado (NAP).
- h) O serviço de Reforço Estabilizado Granulometricamente (RFEG), quanto aos materiais, é considerado aceito, se verificada a condição (AP) ou (APSR). Entretanto se verificar-se uma das seguintes situações:
- mais de 2 (APSR), consecutivos
 - se o número de (APSR), calculado cumulativamente, ultrapassar a 30% do número n correspondente à soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 10$.
 - então, a partir daí, o serviço só será considerado aceito com a condição (AP).
- i) Se o serviço de RFEG não for considerado aceito quanto aos materiais, o Reforço (RFEG) será arrancado e, de acordo com o Engenheiro Fiscal, poderá o material:
- ser lançado fora
 - ser corrigido com a adição de outros materiais granulares, ou mesmo com a adição de um aditivo.

6.2 Execução

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a satisfazer o grau mínimo de compactação especificado.

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP-ES-P02/01 PÁG. 12/18

- b) O Grau de Compactação (GC) é definido com a relação Percentual entre a massa específica aparente seca (D_s), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca máxima ($D_s, máx$).

$$GC = \frac{D_s}{D_s, máx} \times 100$$

D_s - obtida “in situ” (DNER-ME 92/64) (sendo h - teor de umidade obtido com a “frigideira”).

$D_s, máx$ - obtida no ensaio de compactação (DNER-ME 48/64, mas com a energia especificada).

- c) A cada 100m de pista, na ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito, etc., a 60cm do bordo, colhe-se uma amostra do material na pista, já homogeneizado, para a determinação de $D_s, máx$. Aproximadamente no mesmo local realiza-se, de 24 a 48 horas após a compactação, a determinação de D_s “in situ”, calculando-se, então o GC.

Após $N = 10$ ensaios, calcula-se o valor $X_{mín}$ estatístico correspondente a GC, representando uma extensão de “RFEG” de 1.000 metros.

- d) O serviço será considerado *aprovado* (AP), se

$$\frac{X_{mín}}{X} \geq 99\%$$

e *aprovado sob reserva* (APSR), se

$$X_{mín} \geq 98\%$$

- e) O Serviço será considerado aceito, quanto à compactação, se for (AP) ou (APSR).

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 13/18

Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, então o *Serviço será considerado aceito* com apenas (AP).

- f) Se o Serviço não for considerado aceito, deve-se escarificar o RFEG, e proceder-se-á uma nova compactação.

Nota: Se houver o caso de “Solo-Brita” ou “Brita Graduada”, então a curva D_s máx x Energia de Compactação, que permite especificar a energia de compactação, deve ser determinada a cada 1.500 metros de RFEG executado, ou quando houver variações na natureza dos materiais ou no traço da mistura.

6.3 Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes do início dos serviços de Reforço Estabilizado Granulometricamente, serão traçados gráficos, onde em *abscissas* constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou de quilometragem):
- 1 Granulometria
 - 2 Limite de Liquidez (LL)
 - 3 Índice de Plasticidade (IP)
 - 4 Índice de Suporte Califórnia (CBR)
 - 5 Grau de compactação (GC)
- b) A Fiscalização elaborará *Relatórios Mensais* obrigatoriamente assinados, e rubricados em todas as suas páginas, pelo Engenheiro Fiscal e pelo Engenheiro da Construtora.
- c) Esses *Relatórios Mensais* deverão conter:
- os gráficos citados em (a);
 - todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a *quali-*

dade da obra.

- d) Os *Relatórios Mensais* serão arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras do AGETOP.

7. CONTROLE GEOMÉTRICO

7.1. Controle de Cotas

Após a execução do RFEG proceder-se-á à relocação do eixo e marcar-se-á em cada estaca, a trena, os seguintes 4 pontos:

- correspondentes aos bordos do futuro Revestimento
- correspondentes aos bordos da Plataforma de Reforço

Nota: para pistas com mais de duas faixas de tráfego, marcar-se-á os bordos de cada faixa.

Os 5 pontos (incluindo o correspondente ao eixo) serão nivelados e comparados com as suas respectivas cotas do Projeto.

A tolerância admitida por cada ponto nivelado será de $(C - 3)$ cm a $(C + 2)$ cm. Sendo C a cota do Projeto.

Quanto ao controle de cotas os serviços serão considerados aprovados (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas, caso contrário os serviços serão considerados não aprovados (NAP).

Se o RFEG não for aprovado quanto às cotas, ele deverá ser totalmente refeito.

7.2. Controle de Espessura

A espessura da camada de RFEG será controlada no eixo e nos bordos do futuro Reves-

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 15/18

timento, com base na diferença entre a cota nivelada no Reforço e a correspondente cota nivelada na camada subjacente.

Para a espessura da camada de RFEG serão admitidas as seguintes tolerâncias:

- a) Para o valor individual de espessura, o intervalo: $(h + 5)\text{cm}$ a $(h - 3)\text{cm}$ sendo h = espessura do projeto.
- b) Para a Espessura Mínima Estatística do segmento a ser controlado $U_{\text{mín}} \geq (h - 2,0)\text{cm}$.

Calculando-se $U_{\text{mín}}$ pela seguinte fórmula:

$$U_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

em que: =

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$ $N \geq 9$ determinações.

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $X \pm 3s$

Para o valor individual de espessura não será tolerado nenhum valor fora do intervalo especificado.

Para a Espessura Mínima Estatística, o serviço será considerado aprovado se $U_{\text{mín}} \geq (h - 2,0)\text{cm}$ e será aprovado sob reserva (APSR) se $U_{\text{mín}} \geq (h - 2,5)\text{cm}$.

Se o serviço não for (AP) ou (APSR), será considerado não aprovado (NAP).

O serviço de RFEG, quanto à espessura, é “considerado aceito” se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 16/18

($\overline{AP} + \overline{PASR}$) calculado com $n \geq 10$, então, a partir daí, o serviço só será “considerado aceito” com a condição (AP).

Se o serviço de RFE “não for considerado aceito” quanto à espessura, o Reforço deverá ser “completamente refeito”.

7.3. Controle da Largura e da Flecha de Abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

- a) largura do Reforço, com trena;
- b) a flecha de abaulamento, de acordo com o nivelamento dos 3 pontos: eixo e bordos do futuro Revestimento.

O “serviço será aceito”, quanto à largura e à flecha de abaulamento, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerância “não forem ultrapassados”:

- $\pm 10\text{cm}$ quanto à largura.
- até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

Se o serviço “não for aceito”, o Reforço deverá ser completamente refeito.

8. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Na exploração da jazidas:
 - desmatamento, destocamento e limpeza, serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 17/18

escavada para reintegrá-la à paisagem;

- Não é permitida a queima da vegetação removida;
- Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola. Em nenhuma hipótese serão localizadas em reservas florestais e/ou ecológicas ou mesmo nas suas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;
- As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser realizada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito;
- Sempre que localizadas em áreas de risco, com alto potencial de erosão, as jazidas devem ser exploradas por setores, os quais uma vez esgotados, devem ser imediatamente recompostos;
- Disciplinar o trânsito de veículos de serviço e equipamentos para evitar a formação de trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação e garantir boa trafegabilidade nos caminhos de serviços, durante a exploração das jazidas. As estradas ou caminhos de serviço devem seguir as especificações próprias.

b) Na execução:

- Na execução da camada de reforço estabilizada granulometricamente, os cuidados para preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;
- Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação;
- As áreas destinadas a estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes o/ou de combustíveis, não sejam levados até cursos d'água;

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Reforço Estabilizado Granulometricamente será medido e pago de acordo

REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P02/01 PÁG. 18/18

com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Aconselha-se, antes de se prosseguir na leitura deste item, a leitura do Item 1. CONCEITOS BÁSICOS referentes a AGETOP-ES-P 02/01 – REFORÇO ESTABILIZADO GRANULOMETRICAMENTE.

1.2 Esta Especificação trata de Sub-Base para os chamados *Pavimentos Asfálticos*, sendo geralmente constituída por um “único solo”, ou por uma “mistura de dois solos”. Entretanto, nada impede que as Especificações Particulares do Projeto indiquem a “mistura de 3 solos”, o uso de brita ou mesmo a utilização de um “aditivo” (cal, cimento portland, asfalto, etc.).

1.3 Pode-se realizar a mistura dos 2 solos “na pista” (“in situ”) ou preferencialmente em Usina de Solos.

1.4 Uma *Sub-Base* deve ser compactada, salvo indicações em contrário feitas nas “Especificações Particulares do Projeto”, na energia do “Proctor Intermediário” (ou “AASHTO Intermediário”).

1.5 O solo ou a mistura de dois solos (note-se que a “areia” é chamada aqui também de solo) deve apresentar:

- um “índice de Grupo” (IG) igual a zero;
- um CBR (Índice de Suporte Califórnia) igual ou superior a 20%, com uma expansão máxima de 1,0% (P. Intermediário).

1.6 Se o solo for de natureza laterítica então:

- não há restrição ao IG;
- expansão (ensaio CBR, P. Intermediário) máxima de 0,2%;
- continua o valor o CBR mínimo de 20% (P. Intermediário).

1.7 Solos de *natureza laterítica* são solos tropicais (formados na zona situada entre os

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 03/01 PÁG. 02/22

trópicos de Câncer e de Capricórnio) caracterizados por:

- apresentarem geralmente uma granulometria mais descontínua e com mais finos (passando na Peneira n.º 200 – 0,074mm), limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) mais altos, baixa expansibilidade e mais alto valor suporte (CBR) – do que os outros solos;
- apresentarem uma maior porcentagem de sesquióxidos de ferro ($Fe_2 O_3$) e de alumínio ($Al_2 O_3$) e uma menor porcentagem de sílica ($Si O_2$) – do que os outros solos;
- suas argilas serem do tipo “caulinita” (menos ativas), no máximo com trações de “ilita”, inexistindo a “montmorilonita” (mais ativas);
- apresentarem uma tendência ao “endurecimento” quando secas ao ar;
- apresentarem geralmente “bom comportamento” quando utilizadas em pavimentação.

1.8 O Estudo dos Solos Lateríticos vem-se desenvolvendo muito no Brasil nesses últimos anos. Como nos Estados Unidos e na Europa (fora da Zona Tropical) praticamente não existem solos lateríticos, entende-se que as “Especificações para Solos” lá estabelecidos não se apliquem aos *solos lateríticos*.

Note-se que nem todos os solos brasileiros *são lateríticos*, havendo mesmo vastas regiões onde não ocorrem.

1.9 Não há ainda um consenso entre os pedólogos, geólogos e engenheiros rodoviários no que concerne a definição de *solos lateríticos*. Um engenheiro rodoviário experiente pode, entretanto, reconhecer com facilidade um *solo de natureza laterítica*. Para efeito de Especificação, considerou-se que havendo dúvida, um solo será considerado de *natureza laterítica* quando:

- a) a relação molecular (DNER-ME 30/72):

$$\frac{S}{R} = \frac{Si O_2 / 60}{Al_2 O_3 / 102 + Fe_2 O_3 / 160} \text{ for menor que } 2$$

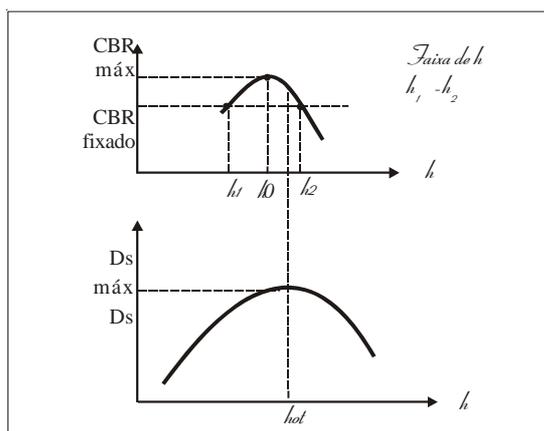
SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 03/01 PÁG. 03/22

- b) haja completa ausência de *argila montmorilonita* (“análise térmica diferencial”, “raios X”) etc., ensaios realizados em laboratórios especializados.

1.10 O que mais importa ao engenheiro rodoviário é que o solo tenha o que se chama de comportamento laterítico – “*baixa expansibilidade e alto valor suporte, independentemente de uma granulometria descontínua e de altos valores de LL e de IP*”.

1.11 Certos tipos de solos, como alguns tipos de “saibros” e alguns “solos lateríticos” apresentam seu valor suporte (CBR) muito dependente da “Umidade de Compactação” (h_c). Usualmente, o máximo da curva $D_s \times h$ (curva de compactação) não se verifica na mesma abscissa (h_{ot}) que o máximo da curva $CBR \times h$.



Assim, a faixa de umidade para a compactação no campo desses solos deve ser determinada na curva $CBR \times h$, correspondente ao valor $CBR \text{ fixado} \geq 20\%$.

Na falta da curva $CBR \times h$ deve-se adotar a faixa:

$$(h_{ot} - 1,5)\% \text{ — } (h_{ot} + 0,5)\%$$

2. DEFINIÇÃO

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE – É a camada do Pavimento Asfáltico situado imediatamente abaixo da camada de BASE, constituída de – solos, produtos de britagem ou mistura de ambos – que obtém a necessária estabilidade para cumprir

suas funções apenas devida a uma *conveniente compactação, sem necessidade de nenhum aditivo.*

3. MATERIAIS

Os materiais empregados em Sub-Base Estabilizada Granulometricamente (SBEGs) são eminentemente os *solos* – desde que se pode considerar os produtos de britagem como solos *artificiais.*

Assim, um “solo”, ou uma “mistura de solos”, pode apresentar:

- uma *natureza laterítica* (“solos lateríticos”)
- uma *natureza não laterítica* (“solos não lateríticos”).

Os solos de “natureza laterítica apresentam “*comportamento laterítico*” – *baixa expansibilidade, tendência ao concrecionamento, altos CBRs com altos LLs e Ips e com granulometria descontínua.*

3.1. Solos Lateríticos

São aqueles que possuem um comportamento laterítico comprovado por um experiente engenheiro de solos e que apresentem como condições necessárias:

- a) a relação S/R (sílica/sesquióxidos) menor que 2 (DNER-ME 30/72);
- b) a ausência de argila montmorilonita, comprovada por laboratório especializado.

Os Solos Lateríticos para emprego em SBEGs devem satisfazer as seguintes condições:

- CBR (Índice de Suporte Califórnia) igual ou superior a 20%, o ensaio CBR

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P03/01 PÁG. 05/22

sendo realizado segundo o DNER-ME 49/74 com a energia do DNER-ME 48/64 ou especificada no Projeto (no caso de mistura com produtos de britagem).

- A expansão medida no ensaio CBR não deve ser superior a 0,2%

3.2. Solos não Lateríticos

São aqueles que, por exclusão, não são considerados de *comportamento laterítico*.

Os Solos Não Lateríticos para emprego em SBEGs devem satisfazer as seguintes condições:

- Um “Índice de Grupo” (IG) igual a zero
- CBR (Índice de Suporte Califórnia) igual ou superior a 20%, o ensaio CBR sendo realizado segundo DNER-ME 49/74 com a energia do DNER-ME 48/64 ou a especificada no Projeto (no caso de misturas com produtos de britagem ou produtos totais de britagem).
- A expansão medida no ensaio CBR não deve ser superior a 1,0%.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço.

4.2 A *Usina de Solos* (ou “Central de Mistura”) deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

Silos – para os diversos componentes, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivo que permita graduar o escoamento;

Transportadores de Esteiras – que transportam os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 03/01 PÁG. 06/22

Unidade Misturadora – tipo de “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido aos seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída da unidade;

Reservatório de Água e Canalização – que permitem armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo de mistura;

Unidade de Carregamento - constituída de um silo abastecido por “transportadores de Correia” ou “elevadores de canecas”, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

Em suma, a *Usina de Solos* deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solos e britas, no teor de umidade requerido, e de depositá-la com segregação no caminhão transportador. Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 e 500t.

4.3 *O Distribuidor de Solos* deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-la na pista, sem segregação numa espessura constante tal, que após a compactação, se situe entre 10,0 e 20,0cm.

4.4 *A Motoniveladora* deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cuja espessura após a compactação possa atingir o mínimo de 20,0cm, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da Especificação.

4.5 *A Grade de Discos*, rebocada por um conveniente Trator de Pneus deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e “homogeneização do teor de água” iniciados pela Motoniveladora.

4.6 *Os Caminhões Distribuidores d’água* deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

4.7 Poderão ser usados isoladamente ou em combinação os dois seguintes tipos de Rolos Compactadores:

- rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, e com relação “peso/largura de roda” no intervalo 21 a 45kgf/cm;
- rolo liso vibratório – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, e com relação “peso/largura de roda” no intervalo 21 a 45kgf/cm;

5. EXECUÇÃO

5.1 Quando houver mistura de mais de 2 componentes, essa mistura terá de ser necessariamente feita em *Usina de Solos*.

A mistura de até 2 componentes pode ser opcionalmente feita na pista.

5.2. Execução em Usina de Solos

A *mistura* deve sair da Usina de solos perfeitamente homogeneizada, num teor de umidade tal que, após o espalhamento na pista, esteja dentro da faixa de “teor de umidade para compactação”.

O transporte da mistura da Usina para a pista deve ser feito em caminhões basculantes, ou outros veículos apropriados, tomando-se precaução para que não perca ou adquira umidade (água de chuva).

A mistura em usina deve preferencialmente ser espalhada com um *Distribuidor de Solos*. No caso de espalhamento com motonivelador pode se tornar difícil o enquadramento na faixa de “teor de umidade para compactação”. Deve-se, então, dispor de carro tanque distribuidor de água, grade de discos, e motoniveladora para umedecimento (ou aeração) e homogeneização.

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 03/01 PÁG. 08/22

O *espalhamento* deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, com espessura compactada no máximo de 20,0cm e no mínimo de 10,0cm.

A *compactação, o acabamento e a liberação ao tráfego* serão realizadas como na EXECUÇÃO NA PISTA.

5.3. Execução na Pista

A execução de Sub-Base Estabilizada Granumetricamente envolve basicamente as seguintes operações:

- Espalhamento
- Homogeneização dos Materiais Secos
- Umedecimento ou Aeração e Homogeneização de Umidade
- Compactação
- Liberação ao Tráfego

5.3.1 Espalhamento

O espalhamento do material depositado na plataforma se fará com motoniveladora. O material será espalhado de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderão ser confeccionadas camadas com espessuras compactadas superiores a 20,0cm nem inferiores a 10,0cm. No caso de 2 materiais será feito primeiramente o espalhamento do material de maior quantidade e sobre essa camada espalhar-se-á o outro material.

5.3.2 Homogeneização dos Materiais Secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga um material do outro. Nessa fase serão retirados os materiais estranhos (blocos de pedra, raízes, etc.). No

caso usual, isto é, de um só material, o fundamental é a pulverização.

5.3.3 Umedecimento ou Aeração e Homogeneização da Umidade

Para atingir-se a faixa do teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques (para umedecimento), motoniveladora e grade de discos (para aeração). A faixa de umidade deverá ser preferencialmente fixada através da curva CBR “versus” umidade, entrando-se com o valor do CBR fixado e determinando-se a faixa do “teor de umidade de compactação”.

A curva CBR x h deverá ser obtida simultaneamente com a curva de compactação (DNER-ME 49/74) utilizando a energia de compactação do DNER-ME 48/64 (ou a especificada no Projeto).

Se por qualquer motivo não se puder traçar a curva CBR x h, deve-se adotar a faixa: $(h_{ot} - 1,5)\%$ a $(h_{ot} + 0,5)\%$.

É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade.

5.3.4 Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo pé-de-carneiro vibratório (pata curta) autopropulsor em combinação com rolo liso vibratório autopropulsor, podendo-se entretanto usar-se apenas um desses rolos, isoladamente.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “número de coberturas do rolo versus grau de compactação” para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto).

Cuidados especiais deve-se ter com, misturas de solo com material de britagem ou produtos

totais de britagem (solo brita, brita graduada) quanto à compactação. Estes materiais tendem a aumentar sua densidade para energias superiores ao Proctor Modificado sem se degradar. A energia de compactação neste caso deve ser determinada pela curva “densidade versus energia”, considerando-se a energia que praticamente torna a curva assintótica.

5.3.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com os rolos compactadores usados, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o Projeto, e com o auxílio de motoniveladora.

Só é permitido a conformação geométrica por corte.

5.3.6 Liberação ao Tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, o mesmo poderá ser entregue ao tráfego usuário.

O intervalo de tempo que uma sub-base estabilizada granulometricamente pode ficar exposta ao tráfego usuário é função de várias variáveis, tais como:

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques.
- Coesão do material.
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento podem danificar rapidamente a camada.
- A intensidade do tráfego.

Em princípio, é vantajoso expor a sub-base estabilizada granulometricamente ao tráfego usuário *durante o maior tempo possível*, quando se tem a oportunidade de aumentar seu “grau

de compactação” e de se observar seus defeitos.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados na SBEG tenham características satisfazendo a esta Especificação e às Especificações Complementares e Particulares adotadas no Projeto.

6.1.1 Exploração de Jazidas de Solos e Pedreiras

A Fiscalização manterá permanentemente na obra um “Fiscal de Jazida” que visitará, em todos os dias úteis, as Jazidas de Solos e as Pedreiras em exploração, observando o *modo de exploração e a natureza dos materiais obtidos*. Cuidados especiais serão dedicados a evitar que sejam cavados “fundos de jazidas” com solos diferentes dos indicados no Projeto.

O “Fiscal de Jazida” deverá impedir que materiais suspeitos sejam transportados para a Usina de Solos (ou para a Pista). Quaisquer fatos considerados graves deverão ser comunicados ao Engenheiro Fiscal (da AGETOP ou da Consultora por ele contratado), que ajuizará sobre a necessidade ou não de suspender os serviços de exploração, e que tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.2 Controle da Natureza Laterítica da Mistura

Somente em caso de dúvida serão colhidas amostras para os ensaios de “Determinação da Relação S/R” (DNER-ME 30/72) e da “Natureza da Argila” (“Análise Térmica Diferencial”, “Raios X”, etc., a serem realizados em laboratórios especializados) – com a finalidade de confirmar

a *natureza laterítica* do material.

Caso se confirme que, um material dado como “laterítico”, no Projeto, é na realidade “não laterítico”, a exploração da jazida correspondente será suspensa, e o Engenheiro Fiscal tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.3 Controle do Teor de Umidade de Compactação

Para cada 100m de comprimento do “pano” a ser compactado, será determinado um “teor de umidade”, imediatamente antes da compactação pelo método expedito da frigideira” (500g para os solos mais graúdos e 200g para os solos mais finos – ensaio este feito “in situ”).

Para o controle da homogeneidade do teor de umidade, será utilizado o aparelho “Speedy” que permite com rapidez a determinação de teores de umidade em pontos aleatórios dentro do “pano” a ser compactado. Deve-se procurar, se possível, para cada tipo de solo, a correlação entre o teor de umidade determinado pelo “Speedy” e o teor de umidade determinado pelo “método da frigideira”.

Só será permitida a compactação do referido “pano” se praticamente todos os resultados estiverem dentro da citada faixa de teor de umidade. Em caso contrário, deverá ser procedido um “umedecimento” (ou “aeração”), acompanhado dos processos de homogeneização, até se conseguir o enquadramento na faixa de “teor de umidade de compactação”.

6.1.4 Controle de Outras Características dos Materiais

a) Serão controladas as seguintes características:

1 - Granulometria (DNER-ME 80/64

2 - Limite de Liquidez – LL (DNER-ME 44/71)

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 13/22

3 - Índice de Plasticidade – IP (DNER-ME 82/63)

4 - Índice de Suporte Califórnia – CBR

- b) No caso de *Mistura em Usina* será colhida uma amostra de cerca de 15kg na saída do misturador, que em seguida deve ser “quarteada” para se obter uma amostra para os ensaios 1, 2 e 3. Cada amostra de 15kg deve corresponder a cerca de 200 m de sub-base a ser executada, devendo-se fazer uma correspondência entre o número da amostra obtida e a localização dos 200m de sub-base.
- c) No caso de *Mistura na Pista* colhe-se uma amostra de cerca de 5kg, do material espalhado e homogeneizado, um pouco antes da compactação, para os ensaios 1, 2 e 3.
- d) Para o ensaio 4 – CBR colhe-se, em ambos os casos, uma amostra na pista, após a aprovação para a compactação, moldando-se um Corpo de Prova para o ensaio CBR com a energia especificada no Projeto (DNER-ME 48/64), a cada 200m de Sub-Base, coincidindo com o local da amostra do item (c).
- e) Para cada N = 10 amostras assim colhidas e ensaiadas, correspondendo a cerca de 2.000m de extensão de Sub-Base, calcula-se os seguintes valores estatísticos:

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s$$

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s$$

$$U_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$U_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

onde: $\bar{X} = \Sigma X_i / N$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 14/22

Nota: São desprezados os valores individuais fora do intervalo $X \pm 3 s$.

f) Sendo:

t¹ máx o valor máximo para IG;

t² mín o valor mínimo para o CBR

t³ máx o valor máximo para a expansão.

O material é considerado *aprovado* (AP) se forem satisfeitas as seguintes condições:

$t^1 \text{ máx} \geq X^1 \text{ máx}$ (não há limite superior para Solos Lateríticos)

$t^2 \text{ mín} \leq U^2 \text{ mín}$

$t^3 \text{ máx} \geq U^3 \text{ máx}$

g) Se pelo menos uma das condições de (f) não for satisfeita, mas se os resultados satisfizerem à seguinte situação:

IG = 1 (para Solos não Lateríticos);

Expansão, 20% maior que o valor exigido;

CBR, 10% menor que o valor exigido;

Então, o material é considerado *aprovado sob reserva* (APSR).

h) Se o material não for considerado (AP) nem (APSR) passa a ser considerado *não aprovado* (NAP).

i) O serviço de SBEG, quanto aos materiais, é considerado *aceito*, se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto se verificar-se uma das seguintes

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 15/22

situações:

- mais de 2 (APSR) consecutivos
- se o número de (APSR), calculado cumulativamente, ultrapassar a 30% do número n correspondente à soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 10$,

então, a partir daí, o serviço só será *considerado aceito* com a condição (AP).

- j) Se o serviço de SBEG, *não for considerado aceito* quanto aos materiais, a Sub-Base será arrancada e, de acordo com o Engenheiro Fiscal, poderá o material:
- ser lançado fora
 - ser corrigido com a adição de outros materiais granulares, ou mesmo com a adição de um aditivo.

6.2. Execução

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a satisfazer o *grau mínimo de compactação* especificado.
- b) O Grau de Compactação (GC) é definido com a relação percentual entre a massa específica aparente seca (D_s), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca máxima ($D_{s, máx}$).

$$GC = \frac{D_s}{D_{s, máx}} \times 100$$

D_s - obtida “in-situ” (DNER-ME 92/64) (sendo h – teor de umidade obtido com a “frigideira”).

$D_{s, máx}$ - obtida no ensaio de compactação (DNER-ME 48/64, mas com a energia especificada).

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 16/22

- c) A cada 100m de pista, na ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito, etc., a 60cm do bordo, colhe-se uma amostra do material na pista, já homogeneizado; para a determinação de Ds, máx. Aproximadamente no mesmo local realiza-se, após a compactação, a determinação de Ds “in situ”, calculando-se então o GC.

Após N = 10 ensaios, calcula-se o valor Xmín estatístico correspondente a GC, representando uma extensão de Sub-Base de 1.000 metros.

- d) O serviço será considerado *aprovado* (AP), se
Xmín ≥ 99%

e *aprovado sob reserva* (APSR), se
Xmín ≥ 98%

- e) O Serviço será considerado *aceito*, quanto à compactação, se for (AP) ou (APSR).

Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, a partir daí, o “serviço será considerado *aceito*” com apenas (AP).

- f) Se o Serviço não for considerado *aceito*, deve-se escarificar a Sub-Base, e proceder-se a uma nova compactação.

Nota: Se for o caso de “Solo-Brita” ou “Brita Graduada”, então a curva Ds, máx x Energia de Compactação, que permite especificar a energia de compactação, deve ser determinada a cada 1.500 metros de Sub-Base executada, ou quando houver variações na natureza dos materiais ou no traço da mistura.

6.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes do início dos Serviços de Sub-Base Estabilizada Granulometricamente, serão traçados gráficos, onde em *abcissas* constarão o estaqueamento (ou a

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 17/22

quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos *intervalos de estaqueamento* (ou de quilometragem):

- 1 Granulometria
- 2 Limite de Liquidez (LL)
- 3 Índice de Plasticidade (IP)
- 4 Índice de Suporte Califórnia (CBR)
- 5 Grau de Compactação (GC)

b) A Fiscalização elaborará *Relatórios Mensais* obrigatoriamente assinados, e rubricados em todas as suas páginas, pelo Engenheiro Fiscal e pelo Engenheiro da Construtora.

c) Esses *Relatórios Mensais* deverão conter:

- Os gráficos citados em (a);
- todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a *qualidade da obra*.

d) Os Relatórios Mensais serão arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

7. CONTROLE GEOMÉTRICO

7.1. Controle de Cotas

Após a execução da SBEG proceder-se-á a relocação do eixo e marcar-se-á em cada estaca, a trena, os seguintes 4 pontos:

- correspondentes aos bordos do futuro Revestimento
- correspondentes aos bordos da Plataforma da Sub-Base.

Nota: para pistas com mais de duas faixas de tráfego, marcar-se-á os bordos de cada faixa.

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 18/22

Os 5 pontos (incluindo o correspondente ao eixo) serão nivelados e comparados com as suas respectivas cotas de Projeto.

A tolerância admitida por cada ponto nivelado será de $(C \pm 2)$ cm, sendo C a cota do Projeto.

Quanto ao controle de cotas os serviços serão considerados aprovados (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas, caso contrário os serviços serão considerados não aprovados (NAP).

Se a SBEG não for aprovada quanto as cotas, ela deverá ser totalmente refeita.

7.2. Controle de Espessura

A espessura da camada de SBEG será controlada no eixo e nos bordos do futuro Revestimento, com base na diferença entre a cota nivelada na sub-base e a correspondente cota nivelada na camada subjacente.

Para a espessura da camada de SBEG serão admitidas as seguintes tolerâncias:

- a) Para o valor individual de espessura, o intervalo: $(h + 5)$ cm a $(h - 2)$ cm.

Sendo h = espessura do projeto.

- b) Para a Espessura Mínima Estatística do segmento a ser controlado
 $U_{\min} \geq (h - 1,0)$ cm.

Calculando-se U_{\min} pela seguinte fórmula:

$$U_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$\text{em que: } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG.19/22

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{N - 1}}$$

$N \geq 9$ determinações

Nota: são desprezados os valores fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

Para o valor individual de espessura não será tolerado nenhum valor fora do intervalo especificado.

Para a Espessura Mínima Estatística, o serviço será considerado aprovado se $U_{\min} \geq (h - 1,0)\text{cm}$ e será *aprovado sob reserva* (APSR) se $U_{\min} \geq (h - 1,5)\text{cm}$.

Se o serviço não for (AP) ou (APSR), será considerado não aprovado (NAP).

O serviço de SBEG, quanto à espessura, é “considerado aceito” se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente à soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 10$, então a partir daí, o serviço só será “considerado aceito” com a condição (AP).

Se o serviço de SBEG “não for considerado aceito” quanto à espessura, a sub-base deverá ser “completamente refeita”.

7.3. Controle da Largura e da Flecha de Abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

- a) a largura da Sub-Base, com trena;
- b) a flecha de abaulamento, de acordo com o nivelamento dos 3 pontos: eixo e bordos do futuro Revestimento.

O “serviço será aceito”, quanto à largura e à flecha de abaulamento se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerância “não forem ultrapassados”.

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 20/22

- $\pm 10\text{cm}$ quanto à largura
- até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

Se o serviço “não for aceito”, a Sub-Base deverá ser completamente refeita.

8. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

a) Na exploração da jazidas:

- desmatamento, destocamento e limpeza, serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;
- Não é permitida a queima da vegetação removida;
- Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola. Em nenhuma hipótese serão localizadas em reservas florestais e/ou ecológicas ou mesmo nas suas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;
- As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser realizada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito;
- Sempre que localizadas em áreas de risco, com alto potencial de erosão, as jazidas devem ser exploradas por setores, os quais uma vez esgotados, devem ser imediatamente recompostos.

Disciplinar o trânsito de veículos de serviço e equipamentos para evitar a formação de trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação e garantir boa trafegabilidade

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 21/22

nos caminhos de serviços, durante a exploração das jazidas. As estradas ou caminhos de serviço devem seguir as especificações próprias.

Caso seja utilizada brita, os seguintes cuidados principais deverão ser observados na exploração da pedreira:

- evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- as estradas de acesso deverão seguir às recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

b) Na execução

- Na execução da camada de sub-base/base estabilizada granulometricamente, os cuidados para preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;
- Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação;
- As áreas destinadas a estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes o/ou de combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P-03/01 PÁG. 22/22

Um Serviço de Sub-Base Estabilizada Granulometricamente será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Aconselha-se, antes de se prosseguir na leitura deste item, a leitura do Item 1. CONCEITOS BÁSICOS referentes a AGETOP-ES-P03/01 - SUB-BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE.

1.2 O conceito de *Base Estabilizada Granulometricamente* envolve as “Bases” constituídas de: “Solos”, “misturas de solos”, “misturas de solos com brita” (“Solo-Brita”) ou “produtos totais de britagem” (“Brita Graduada”) – cuja estabilização como “Base” de um Pavimento é obtida somente pela compactação, sem o uso de nenhum “aditivo” (cimento portland, asfalto, etc.).

Usualmente, adota-se a seguinte nomenclatura:

- Base de Solo Estabilizado sem Mistura;
- Base de solo Estabilizado com Mistura;
- Base de Solo-Brita;
- Base de Brita-Graduada.

Note-se que a “areia” é considerada como solo.

1.3 Considera-se que a Base Estabilizada Granulometricamente ((BEG) seja de *natureza laterítica* quando constituída por um solo de “natureza laterítica”, ou por uma mistura (solo com solo e/ou brita) onde prevaleça o “*comportamento laterítico*”.

1.4 Historicamente, as Especificações sobre as BEGs se restringiam à granulometria, ao LL e ao IP. Admitia-se que uma BEG satisfazendo a essas Especificações se tornava “estável”, isto é, adquiria um “valor suporte admissível” (CBR) quando convenientemente compactada.

1.5 Posteriormente, foram acrescentadas a essas Especificações: um valor mínimo de CBR e um valor máximo da expansão no ensaio CBR.

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE -
AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 02/27

Pode-se então perguntar: com esses dois valores satisfazendo às Especificações, para que continuar a especificar granulometria, LL e IP?

Entretanto, como na realidade o ensaio CBR é bastante empírico, muitas Agências (inclusive o DNER) adotaram em conjunto todas as exigências, a *título de prudência*. Mais ainda, o DNER aboliu os solos “mais finos” (faixas E e F de suas Especificações primitivas), mesmo para tráfego menos intenso.

1.6 Atualmente, o DNER especifica 4 faixas (A, B, C e D) para os chamados *Solos Não Lateríticos* e 2 Faixas (A e B) para os *Solos Lateríticos*.

1.7 Nesta Especificação considera-se as Faixas E e F (tipo II da antiga AASHTO) para “Solos Não Lateríticos”, com $N \leq 5 \times 10^6$ (calculado pelo Método DNER/1966 para Projeto de Pavimentos Flexíveis), e mais uma Faixa, (Faixa C) para “Solos Lateríticos” e para o mesmo N.

1.8 A compactação de uma BEG pode ser feita na Energia do Proctor Intermediário ou do Proctor Modificado de acordo com a Especificação Particular do Projeto. Preferencialmente, tem-se:

- Proctor Intermediário (P.I.) para $N \leq 5 \times 10^6$
- Proctor Modificado (P.M.) para $N > 5 \times 10^6$

1.9 Resumindo-se, tem-se nesta Especificação as seguintes condições:

<u>$N \leq 5 \times 10^6$</u> (DNER/1966)	<u>Solo Não Laterítico</u>	<u>Solo Laterítico</u>
Granulometria (Faixa)	A-B-C-D-E-F	A-B-C
LL (máx, em %)	25	40
IP (máx, em %)	6	15

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 03/27

CBR (P. I. ou P.M, mín em %)	60	60
Expansão (CBR P.I. ou P.M, máx em %)	0,5	0,2
Los Angeles (máx, em %)	55	65

N > 5 x 106 (DNER/1966)

Granulometria (Faixa)	A-B-C-D	A-B
LL (máx, em %)	25	40
IP (máx, em %)	6	15
CBR (P.I. ou P.M, mín em %)	80	80
Expansão (CBR P.I. ou P.M, máx em %)	0,5	0,2
Los Angeles (máx, em %)	55	65

Não se considerou um valor de abrasão Los Angeles inferior (quanto menor o LA mais resistente é a partícula) para tráfego mais pesado ($N > 5 \times 10^6$) porque para este tráfego é exigido um “Revestimento Asfáltico” mais espesso que protege a “Base”.

1.10 A *Usina de Solos* deve ser “obrigatoriamente” usada quando houver “mistura de mais de 2 componentes”, e “preferencialmente” no caso de “Solo-Brita” e “Brita-Graduada”.

1.11 A mistura em Usina deve ser “preferencialmente” espalhada na pista com um *Distribuidor de solos* pois assim é muitas vezes possível conseguir que a mistura espalhada esteja na “faixa de teor de umidade de compactação”. Em caso contrário, perda exagerada de umidade e ocorrência de chuva, deve-se providenciar um umedecimento ou uma aeração, ambos

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 04/01 PÁG. 04/27

envolvendo uma nova homogeneização.

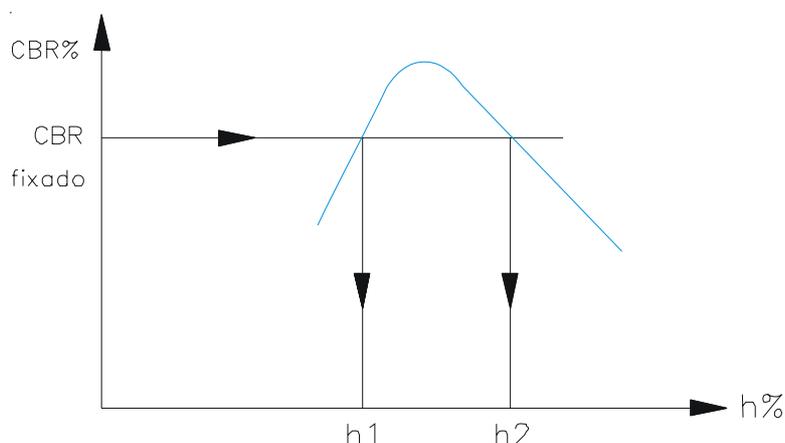
1.12 Pode-se conseguir, com uma motoniveladora ajudada por uma grade de discos, uma boa *mistura na pista* quando o número de componentes da mistura não é maior que 2. No caso de “Solo-Brita” e de “Brita-Graduada” pode-se operar a homogeneização na pista, mas geralmente é mais vantajosa a usina de solos.

1.13 O controle da “abrasão Los Angeles” das partículas graúdas pode ser feito “visualmente”; somente no caso de evidente fragmentação dessas partículas faz-se necessário efetuar os respectivos ensaios, que obrigatoriamente já foram feitos no “Estudo Geotécnico”.

1.14 A identificação de um solo quanto à sua *natureza laterítica*, ou melhor, quanto ao seu *comportamento laterítico*, deve ser feita por um “engenheiro experiente, especializado em solos”. Para se dirimir alguma dúvida, admite-se como “condições necessárias” para se considerar um solo como laterítico, que:

- a) a relação molecular S/R (sílica-sesquióxidos) seja menor que 2;
- b) que não haja argila tipo “montmorilonita”.

1.15 É importante se fixar a “faixa de teor de umidade de compactação no campo” traçando-se a curva $CBR \times h$ (juntamente com curva de compactação – DNER-ME 49/74, na energia especificada). É de se notar que os “solos lateríticos” são geralmente muito sensíveis ao teor de umidade de compactação.



BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

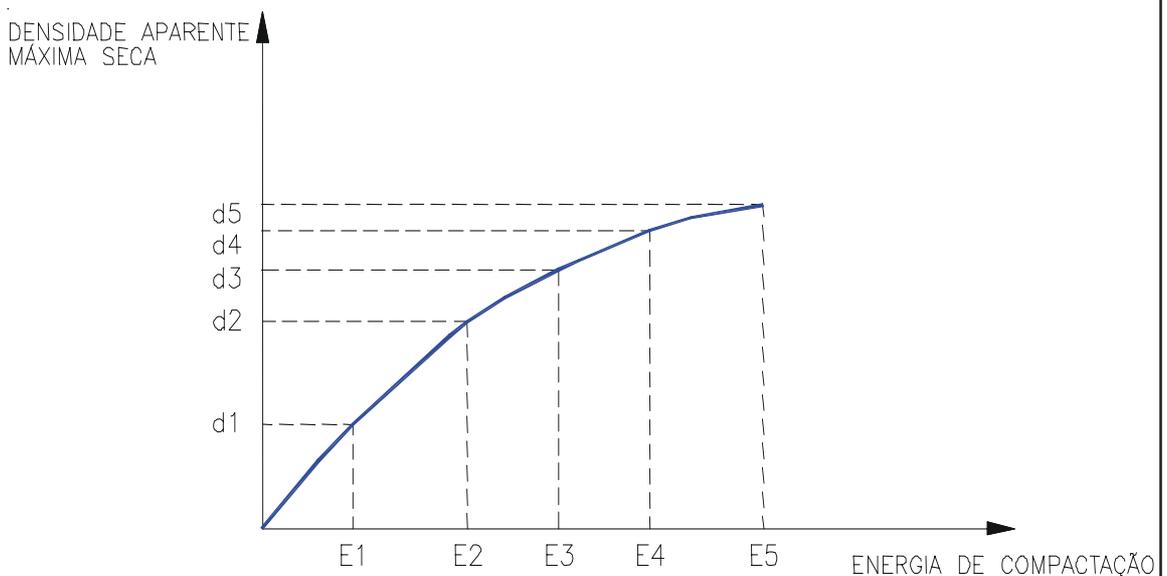
AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 05/27

CBR = Índice de Suporte Califórnia

$h_1 - h_2$ = Faixa de Compactação

1.16 Tem-se observado que, freqüentemente, o “solo-brita” e principalmente a “brita-graduada” não ficam *bem compactadas* mesmo na energia do Proctor Modificado.

Assim, deve-se determinar a curva “Máxima Densidade Aparente Seca x Energia de Compactação”, a partir da energia do Proctor Modificado (55 golpes), escolhendo-se a energia onde não há mais ganho sensível de densidade para acréscimos de energia (é mais correto “massa específica” do que “densidade”).



2. DEFINIÇÃO

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE – É a camada do Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo da camada de Revestimento Asfáltico, constituída de – solos, produtos de britagem ou mistura de ambos – que obtém a necessária estabilidade para cumprir suas funções *apenas devida a uma conveniente compactação, sem necessidade de nenhum aditivo.*

3. MATERIAIS

Os materiais empregados em Bases Estabilizadas Granulometricamente (BEGs) são eminentemente os solos – desde que se pode considerar os produtos de britagem como *solos artificiais*.

Assim, um “solo”, ou uma “mistura de solos”, pode apresentar:

- uma *natureza laterítica* (“solos lateríticos”)
- uma *natureza não laterítica* (“solos não lateríticos”).

Os solos de “natureza laterítica” apresentam “*comportamento laterítico*” – *baixa expansibilidade, tendência ao concrecionamento, altos CBRs com altos LL e IPs e com granulometria descontínua*.

3.1. Solos Lateríticos

São aqueles que possuem um *comportamento laterítico* comprovado por um experiente engenheiro de solos e que apresentem como condições necessárias:

- a) a relação S/R (sílica/sesquióxidos) menor que 2 (DNER-ME 30/72);
- b) a ausência de argila montmorilonita, comprovada por laboratório especializado.

Os *Solos Lateríticos* para emprego em BEGs devem satisfazer às seguintes condições:

Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/64):

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 07/27

#		Faixas		
<u>ASTM</u>	<u>mm</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C**</u>
2"	50,8	100	-	-
1"	25,4	75 - 100	100	-
3/8"	9,5	40 - 85	60 - 95	100
n.º 4	4,8	20 - 75	30 - 85	50 - 100
n.º 10	2,0	15 - 60	15 - 60	35 - 90
n.º 40	0,42	10 - 45	10 - 45	20 - 80
n.º 200*	0,074	5 - 30	5 - 30	8 - 40

* A porcentagem do material que passa na Peneira n.º 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na Peneira n.º 40.

** Somente para $N \leq 5 \times 10^6$ (número de repetições do eixo simples padrão calculado pelo Método DNER/1966, correspondente ao período de projeto).

- agregado retido na Peneira n.º 10 não deve ter partículas moles nem impurezas nocivas, devendo apresentar valor de “abrasão Los Angeles” (DNER-ME 35/64) igual ou inferior a 65%, e o material passando na peneira n.º 10 não deve conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas.
- Limite de Liquidez (LL) (DNER-ME 44/71) igual ou inferior a 40%.
- Índice de Plasticidade (IP) (DNER-ME 82/63) igual ou inferior a 15%.
- CBR (Índice de Suporte Califórnia) igual ou superior a 60% para $N \leq 5 \times 10^6$ (número de repetições do eixo simples padrão calculado pelo Método de Projeto DNER/1966, correspondente ao período de Projeto).
80% para $N > 5 \times 10^6$

Nota: Se houver carência de material na região e se $N \leq 2,5 \times 10^6$ pode-se considerar o limite mínimo de 40% para o CBR.

O ensaio CBR sendo realizado segundo o DNER-ME 49/74 com a energia especificada

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 04/01 PÁG. 08/27

no Projeto (Proctor Intermediário – PI ou Proctor Modificado – PM).

- A Expansão medida no ensaio CBR não deve ser superior a 0,2%.

3.2. Solos Não Lateríticos

São aqueles que, por exclusão, não são considerados de *comportamento laterítico*.

Os *Solos Não Lateríticos* para emprego em BEGs devem satisfazer às seguintes condições:

- Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/64).

#		<u>Faixas</u>						
<u>ASTM</u>	<u>mm</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>	<u>F*</u>	
2"	50,8	100	100	-	-	-	-	
1"	25,4	-	75-90	100	100	100	100	
3/8"	9,5	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	
n.º	4	4,8	25-55	30-60	35-65	50 - 85	55-100 70-100	
n.º	10	2,0	15-40	20-45	25-50	40 - 70	40-100 55-100	
n.º	40	0,42	8-20	15-30	15-30	25 - 45	20 - 50 30 - 70	
n.º	200**	0,074	2-8	5-15	5-15	5- 20	6 - 20 8 - 25	

* Somente para $N \leq 5 \times 10^6$ (número de repetições do eixo simples, padrão calculado pelo Método DNER/1966, correspondente ao período de projeto).

** A percentagem do material que passa na peneira n.º 200 não deve ultrapassar 2/3 da percentagem que passa na peneira n.º 40.

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 09/27

- agregado retido na peneira n.º 10 não deve ter partículas moles nem impurezas nocivas, devendo apresentar valor de “abrasão Los Angeles” (DNER-ME 35/64) igual ou inferior a 55%, e o material passando na peneira n.º 10 não deve conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas.
- Limite de Liquidez (LL) (DNER-ME 44/71) igual ou inferior a 25%.
- Índice de Plasticidade (IP) (DNER-ME 82/63) igual ou inferior a 6%.
- CBR (Índice de Suporte Califórnia) igual ou superior a 60% para $N \leq 5 \times 10^6$ (número de repetições do eixo simples padrão calculado pelo Método de Projeto DNER/1966, correspondente ao período de projeto).
- 80% para $N > 5 \times 10^6$

Nota: Se houver carência de material na região e se $N \leq 2,5 \times 10^6$ pode-se considerar o limite mínimo de 40% para o CBR.

O ensaio CBR sendo realizado segundo o DNER-ME 49/74 com a energia especificada no Projeto (PI ou PM).

- A expansão medida no ensaio CBR não deve ser superior a 0,5%.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço.

4.2 A *Usina de Solos* (“Central de Mistura”) deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

Silos – para os diversos componentes, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivo que permita graduar o escoamento;

Transportadores de Esteiras – que transportam os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 04/01 PÁG. 10/27

Unidade Misturadora – tipo “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída da unidade;

Reservatório de Água e Canalização – que permitam armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo de mistura;

Unidade de Carregamento – constituída de um silo abastecido por “transportadores de correia” ou “elevadores de canecas”, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

Em suma, a *Usina de solos* deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solos e britas, no teor de umidade requerido, e de depositá-la sem segregação no caminhão transportador. Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 e 500t.

4.3 *O Distribuidor de solos* deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-la na pista, sem segregação numa espessura constante tal, que após a compactação, se situe entre 10,0 e 20,0cm.

4.4 *A Motoniveladora* deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cuja espessura após a compactação possa atingir o mínimo de 20,0cm, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da Especificação.

4.5 *A Grade de Discos*, rebocada por um conveniente *Trator de Pneus* deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e “homogeneização do teor de água” iniciados pela Motoniveladora.

4.6 *Os Caminhões Distribuidores d’água* deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

4.7 Poderão ser usados isoladamente ou em combinação os dois seguintes tipos de *Rolos Compactadores*:

- rolo liso vibratório – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, e com a relação “peso/largura de roda” no intervalo 21 a 45 kgf/cm;
- rolo liso pneumático – autopropulsor, com pressão variável (35 a 120 lb/pol², ou 2,5 a 8,4 kgf/cm²).

5. EXECUÇÃO

5.1 Quando houver mistura de mais de 2 componentes, essa mistura terá de ser necessariamente feita em *Usina de Solos*.

A mistura de até 2 componentes pode ser opcionalmente feita na *pista*.

5.2. Execução em Usina de Solos

A *mistura* deve sair da Usina de Solos perfeitamente homogeneizada, num teor de umidade tal que, após o espalhamento na pista, esteja dentro da faixa de “teor de umidade para compactação”.

O *transporte da mistura*, da Usina para a pista, deve ser feito em caminhões basculantes, ou outros veículos apropriados, tomando-se precaução para que não perca ou adquira umidade (água de chuva).

A mistura em usina deve preferencialmente ser espalhada com um *Distribuidor de Solos*. No caso de espalhamento com motonivelador pode se tornar difícil o enquadramento na faixa de “teor de umidade para compactação”. Deve-se, então, dispor de carro tanque distribuidor de água, grade de discos, e motoniveladora para umedecimento (ou aeração) e homogeneização.

O *espalhamento* deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante,

com espessura compactada no máximo de 20,0cm e no mínimo de 10,0cm.

A *compactação*, o acabamento e a liberação ao tráfego serão realizadas como na EXECUÇÃO NA PISTA.

5.3. Execução na Pista

A execução de Bases Estabilizadas Granulometricamente envolve basicamente as seguintes operações:

- Espalhamento
- Homogeneização dos Materiais Secos
- Umedecimento ou Aeração e Homogeneização da Umidade
- Compactação
- Acabamento
- Liberação ao Tráfego

5.3.1 Espalhamento

O espalhamento do material depositado na plataforma se fará com motoniveladora. O material será espalhado de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderá ser confeccionada camada com espessuras compactadas superiores a 20,0cm nem inferiores a 10,0cm. No caso de 2 materiais será feito primeiramente o espalhamento do material de maior quantidade e sobre essa camada espalhar-se-á o outro material.

5.3.2 Homogeneização dos Materiais Secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga um material do outro. Nessa fase serão retirados os materiais estranhos (blocos de pedra, raízes, etc.). No caso de um só material o fundamental é a pulverização.

5.3.3 Umedecimento ou Aeração e Homogeneização de Umidade

Para atingir-se a faixa de teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques (para umedecimento), motoniveladora e grade de discos (para aeração). A faixa de umidade deverá ser preferencialmente fixada através da curva CBR “versus” umidade, entrando-se com o valor do CBR fixado e determinando-se a faixa do “teor de umidade de compactação”.

A curva CBR x h deverá ser obtida simultaneamente com a curva de compactação (DNER-ME 49/74) utilizando a energia de compactação fixada no Projeto.

Se por qualquer motivo não se poder traçar a curva CBR x h, deve-se adotar a faixa:

$(h_{ot} - 1,5)\%$ a $(h_{ot} + 0,5)\%$.

É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade.

5.3.4 Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo liso vibratório autopropulsor em combinação com rolo pneumático autopropulsor, podendo-se entretanto usar-se apenas um desses rolos, isoladamente.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “numero de coberturas do rolo versus grau de compactação” para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto).

Cuidados especiais deve-se ter com, misturas de solo com material de britagem ou produtos totais de britagem (solo brita, brita-graduada) quanto à compactação. Estes materiais tendem a aumentar sua densidade para energias superiores ao Proctor Modificado se se degradar. A energia de compactação neste caso deve ser determinada pela curva “densidade versus energia”, considerando-se a energia que praticamente torna a curva assintótica.

5.3.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com os rolos compactadores usados, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o Projeto, e com o auxílio da motoniveladora.

Só é permitido a conformação geométrica por corte.

5.3.6 Liberação ao Tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, o mesmo poderá ser entregue ao tráfego usuário.

O intervalo de tempo que uma base estabilizada granulometricamente pode ficar exposta ao tráfego usuário é função de várias variáveis, tais como:

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques.
- Coesão material.
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento podem danificar rapidamente a camada.
- A intensidade do tráfego.

Em princípio, é vantajoso expor a base estabilizada granulometricamente ao tráfego usuário *durante o maior tempo possível*, quando se tem a oportunidade de aumentar seu “grau de compactação” e de se observar seus defeitos.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais

A *condição essencial* é que os materiais empregados na BEG tenham características satisfazendo a esta Especificação e às Especificações Complementares e Particulares adotadas no Projeto.

6.1.1 Exploração de Jazidas de solos e Pedreiras

A Fiscalização manterá permanentemente na obra um “Fiscal de Jazida” que visitará, em todos os dias úteis, as Jazidas de Solos e as pedreiras em exploração, observando o *modo de exploração e a natureza dos materiais obtidos*. Cuidados especiais serão dedicados a evitar que sejam cavados “fundos de jazidas” com solos diferentes dos indicados no Projeto.

O “Fiscal de Jazida” deverá impedir que materiais suspeitos sejam transportados para a Usina de Solos (ou para a Pista). Quaisquer fatos considerados graves deverão ser comunicados ao Engenheiro Fiscal (da AGETOP ou da Consultora por ele contratado), que ajuizará sobre a necessidade ou não de suspender os serviços de exploração, e que tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.2 Controle da Natureza Laterítica da Mistura

Somente em casos de dúvida serão colhidas amostras para os ensaios de “Determinação da Relação S/R” (DNER-ME 30/72) e da “Natureza da Argila” (“Análise Térmica Diferencial”, “Raios X”, etc., a serem realizados em laboratórios especializados) – com a finalidade de confirmar a *natureza laterítica* do material.

Caso se confirme que, um material dado como “laterítico”, no Projeto, é na realidade “não laterítico”, a exploração da Jazida correspondente será suspensa, e o Engenheiro Fiscal tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.3 Controle dos Valores de “Abrasão Los Angeles”

De um modo geral, o controle dos valores de LA dos diferentes solos e materiais de

britagem será feito por *observação visual da resistência das partículas*. Somente em caso de dúvida serão colhidas 3 amostras e enviadas a um Laboratório Central para a realização do ensaio Los Angeles (DNER-ME 35/64). Se pelo menos 2 resultados não obedecerem à Especificação a fonte do material será interdita e o Engenheiro Fiscal tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.4 Controle do Teor de Umidade de Compactação

Para cada 100m de comprimento do “pano” a ser compactado, será determinado um “teor de umidade”, imediatamente antes da compactação pelo “método expedito da frigideira” (500g para os solos mais graúdos e 200g para os solos mais finos – ensaio este feito “in situ”).

Para o controle da homogeneidade do teor de umidade, será utilizado o aparelho “Speedy” que permite com rapidez a determinação de teores de umidade em pontos aleatórios dentro do “pano” a ser compactado. Deve-se procurar, se possível, para cada tipo de solo, correlação entre o teor de umidade determinado pelo “Speedy” e teor de umidade determinado pelo “método da frigideira”.

Só será permitida a compactação do referido “pano” se praticamente todos os resultados estiverem dentro da citada faixa de teor de umidade, Em caso contrário, deverá ser procedido um “umedecimento” ou (“aeração”), acompanhado dos processos de homogeneização, até se conseguir o enquadramento da faixa de “teor de umidade de compactação”.

6.1.5 Controle de Outras Características dos Materiais

a) Serão controladas as seguintes características:

- 1 – Granulometria (DNER-ME 80/64)
- 2 – Limite de Liquidez – LL (DNER-ME 44/71)
- 3 – Índice de Plasticidade – IP (DNER-ME 82/63)

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 17/27

4 – Índice de Suporte Califórnia – CBR

- b) No caso de *Mistura de Usina* será colhida uma amostra de cerca de 15kg na saída do misturador, que em seguida deve ser “quarteada” para se obter uma amostra para os ensaios 1, 2 e 3. Cada amostra de 15kg deve corresponder a cerca de 200m de Base a ser executada, devendo-se fazer uma correspondência entre o número da amostra obtida e a localização dos 200m de Base.
- c) No caso de *Mistura na Pista* colhe-se uma amostra de cerca de 5kg, do material espalhado e homogeneizado, um pouco antes da compactação, para os ensaios 1, 2 e 3.
- d) Para o ensaio 4 – CBR colhe-se, em ambos os casos, uma amostra na pista, após a aprovação para a compactação, moldando-se um Corpo de Prova para o ensaio CBR com a energia especificada no Projeto (DNER-ME 50/64), a cada 200m de Base, coincidindo com o local da amostra do item (c).
- e) Para cada N = 10 amostras assim colhidas e ensaiadas, correspondendo a cerca de 2.000m de extensão de Base, calcula-se os seguintes valores estatísticos:

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 068s$$

$$X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 068s$$

$$U_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$U_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

Onde: $\bar{X} = \Sigma X_i / N$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 04/01 PÁG. 18/27

Nota: São desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

f) sendo:

$t^1_{\text{máx}}$ e $t^1_{\text{mín}}$ os valores máximo e mínimo correspondentes a faixa granulométrica em questão para as peneiras: n.º 10, n.º 40 e n.º 200;

$t^2_{\text{máx}}$ os valores máximos para LL e IP;

$t^3_{\text{mín}}$ o valor mínimo para CBR

$t^4_{\text{máx}}$ o valor máximo para a expansão

O material é considerado *aprovado (AP)* se forem satisfeitas todas as seguintes condições:

$$t^1_{\text{máx}} \geq X^1_{\text{máx}} \quad \text{e} \quad t^1_{\text{mín}} \leq X^1_{\text{mín}}$$

$$t^2_{\text{máx}} \geq X^2_{\text{máx}}$$

$$t^3_{\text{mín}} \leq U^3_{\text{mín}}$$

$$t^4_{\text{máx}} \geq U^4_{\text{máx}}$$

g) Se pelo menos uma das condições de (f) não for satisfeita, mas se os resultados satisfizerem à seguinte situação: *os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a $x\%$ dos valores exigidos, sendo:*

$x = 20$ para a granulometria e expansão

$x = 10$ para LL, IP e CBR.

então, o material é considerado *aprovado sob reserva (APSR)*

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 19/27

- h) Se o material não for considerado (AP) nem (APSR) passa a ser considerado *não aprovado* (NAP).
- i) O serviço BEG, quanto aos materiais, é *considerado aceito*, se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto, se verificar-se uma das seguintes situações:
- mais de 2 (APSR) consecutivos;
 - se o número de (APSR), calculado cumulativamente, ultrapassar a 30% do número n correspondente à soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 10$,
 - então, a partir daí, o serviço só será *considerado aceito* com a condição (AP).
- j) Se o serviço BEG *não for considerado aceito* quanto aos materiais, a Base será arrancada e, de acordo com o Engenheiro Fiscal, poderá o material:
- ser lançado fora;
 - ser corrigido com a adição de outros materiais granulares, ou mesmo com a adição de um aditivo.

6.2. EXECUÇÃO

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a satisfazer o *grau mínimo de compactação* especificado.
- b) O Grau de Compactação (GC) é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (Ds), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca máxima (Ds, máx).

$$GC = \frac{D_s}{D_{s, máx}} \times 100$$

Ds - obtida “in situ” (DNER-ME 92/64) (sendo h – teor de umidade obtido com a “frigideira”).

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 20/27

Ds, máx - obtida no ensaio de compactação (DNER-ME 48/64 mas com a energia especificada).

- c) A cada 100m de pista, na ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito, etc., a 60cm do bordo, colhe-se uma amostra do material na pista, já homogeneizado, para a determinação de Ds, máx. Aproximadamente no mesmo local realiza-se, após a compactação, a determinação de Ds “in situ”, calculando-se, então o GC.

Após N = 10 ensaios, calcula-se o valor Xmín estatístico correspondente a GC, representando uma extensão de Base de 1.000m.

- d) O serviço será considerado *aprovado* (AP), se
Xmín ≥ 99%

e *aprovado sob reserva* (APSR), se
Xmín ≥ 98%

- e) O *Serviço será considerado aceito*, quanto à compactação, se for (AP) ou (APSR).

Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, a partir daí, o *Serviço será considerado aceito* com apenas (AP).

- f) Se o *Serviço não for considerado aceito*, deve-se escarificar a Base, e proceder-se a uma nova compactação.

Nota: Se for o caso de “Solo-Brita” ou “Brita Graduada”, então a curva Ds, máx x Energia de Compactação, que permite especificar a energia de compactação, deve ser determinada a cada 1.500m de Base executada, ou quando houver variações na natureza dos materiais ou no traço da mistura.

6.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes do início dos serviços de Base Estabilizada Granulometricamente, serão traçados gráficos, onde em *abcissas* constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos *intervalos de estaqueamento* (ou de quilometragem):
- 1) Granulometria
 - 2) Limite de Liquidez (LL)
 - 3) Índice de Plasticidade (IP)
 - 4) Índice de Suporte Califórnia (CBR)
 - 5) Grau de compactação (GC)
- b) A Fiscalização elaborará *Relatórios Mensais* obrigatoriamente assinados, e rubricados em todas as suas páginas, pelo Engenheiro Fiscal e pelo Engenheiro da Construtora.
- c) Esses *Relatórios Mensais* deverão conter:
- Os gráficos citados em (a);
 - Todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a *qualidade da obra*.
- d) Os *Relatórios Mensais* serão arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

7. CONTROLE GEOMÉTRICO CONTROLE DE COTAS

7.1. Controle de Cotas

Após a execução da BEG proceder-se-á a relocação do eixo e marcar-se-á em cada estaca, a trena, os seguintes 4 pontos:

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 04/01 PÁG. 22/27

- correspondentes aos bordos do futuro Revestimento.
- correspondentes aos bordos da Plataforma da Base.

Nota: para pistas com mais de duas faixas de tráfego, marcar-se-á os bordos de cada faixa.

Os 5 pontos (incluindo o correspondente ao eixo) serão nivelados e comparados com as suas respectivas cotas de Projeto.

A tolerância admitida por cada ponto nivelado será de $(C \pm 2)$ cm, sendo C a cota do Projeto.

No caso do Revestimento ser um Tratamento Superficial, exige-se uma Base mais bem “acabada” geometricamente, passando a tolerância de cotas por ponto individual para $(C \pm 1,5)$ cm.

Quanto ao controle de cotas os serviços serão considerados aprovados (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas, caso contrário os serviços serão considerados não aprovados (NAP).

Se a BEG não for aprovada quanto às cotas, ela deverá ser totalmente refeita.

7.2. Controle de Espessura

A espessura da camada de BEG será controlada no eixo e nos bordos do futuro Revestimento, com base na diferença entre a cota nivelada na Base e a correspondente cota nivelada na camada subjacente. Para a espessura da camada de BEG serão admitidas as seguintes tolerâncias:

- a) Para o valor individual de espessura, o intervalo: $(h + 4)$ cm a $(h - 2)$ cm

Sendo h = espessura do projeto.

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P04/01 PÁG. 24/27

- b) Para a Espessura Mínima Estatística do segmento a ser controlado:
 $U_{\min} \geq (h - 1,0)\text{cm}$.

Calculando-se U_{\min} pela seguinte fórmula:

$$U_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

Em que: $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N - 1}}$$

$N \geq 9$ determinações.

Nota: São desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

Para o valor individual de espessura não será tolerado nenhum valor fora do intervalo especificado.

Para a Espessura Mínima Estatística, o serviço será considerado aprovado se $U_{\min} \geq (h - 1,0)\text{cm}$ e será aprovado sob reserva (APSR) se $U_{\min} \geq (h - 1,5)\text{cm}$.

Se o serviço não for (AP) ou (APSR), será considerado não aprovado (NAP).

O serviço de BEG, quanto à espessura, é “considerado aceito” se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, ou se o número n correspondente à soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 10$.

então, a partir daí, o serviço só será “considerado aceito” com a condição (AP).

Se o serviço de BEG “não for considerado aceito” quanto à espessura, a Base deverá ser

“completamente refeita”.

7.3. Controle da Largura e da Flecha de Abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

- a) a largura da Base, com trena;
- b) a flecha de abaulamento, de acordo com o nivelamento dos 3 pontos: eixo e bordos do futuro Revestimento.

O “serviço será aceito”, quanto à largura e à flecha de abaulamento, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

- 10cm quanto à largura
- até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

Se o serviço “não for aceito”, a Base deverá ser completamente refeita.

8. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Na exploração de jazidas:
 - desmatamento, destocamento e limpeza, serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;
 - Não é permitida a queima da vegetação removida;
 - Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola. Em

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 04/01 PÁG. 26/27

nenhuma hipótese serão localizadas em reservas florestais e/ou ecológicas ou mesmo nas suas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;

- As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser realizada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito;
- Sempre que localizadas em áreas de risco, com alto potencial de erosão, as jazidas devem ser exploradas por setores, os quais uma vez esgotados, devem ser imediatamente recompostos.

Disciplinar o trânsito de veículos de serviço e equipamentos para evitar a formação de trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação e garantir boa trafegabilidade nos caminhos de serviços, durante a exploração das jazidas. As estradas ou caminhos de serviço devem seguir as especificações próprias.

Caso seja utilizada brita, os seguintes cuidados principais deverão ser observados na exploração da pedreira:

- evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- as estradas de acesso deverão seguir às recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

AGETOP - ES-P 04/01 PÁG. 27/27

b) Na execução

- Na execução da camada de sub-base/base estabilizada granulometricamente, os cuidados para preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.
- Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.
- As áreas destinadas a estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes o/ ou de combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O Serviço de Base Estabilizado Granulometricamente será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 O “Solo Melhorado com Cimento” tem seu fundamento na “floculação” da parte fina do solo (principalmente abaixo de 0,005mm) e nas reduções do LL e do IP – com o conseqüente aumento do CBR e diminuição da Expansão, provocadas pela ação do “cimento portland”.

1.2 Há uma grande diferença entre o “Solo-Cimento”, onde o cimento age como um “aglutinante” formando uma massa “semi-rígida sujeita a retração” – e o “Solo Melhorado com Cimento” onde o cimento não age como aglutinante, mas através de reações físico-químicas (“troca de cations”). No primeiro, o teor de cimento em peso é da ordem de 5,0 a 8,0%, e no segundo de 1,5 a 4,0%.

1.3 No “Solo Melhorado com Cimento” é importante deixar a mistura solta “curando um certo tempo” antes da compactação (72 horas no Laboratório antes de se moldar o cp para o ensaio CBR, e de 2 a 4 dias enleirada na “Pista”, ou numa “Praça” anteriormente preparada quando se deseja usar a boa alternativa do “Distribuidor de Solos”).

1.4 Já se tem detectado, em algumas modalidades dos chamados “Solos Lateríticos”, reações químicas funestas entre seus compostos e os do “cimento portland”. O assunto ainda se encontra sob pesquisa, sendo prudente – “não se usar Solo Laterítico Melhorado com Cimento”.

2. DEFINIÇÃO

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO (BSMC) – É a Camada do Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo da camada do Revestimento Asfáltico, constituída de uma mistura íntima e compactada de solo, cimento e água, cuja incorporação do cimento tem como objetivo a melhoria do solo quanto aos seus limites de consistência, à sua sensibilidade à água e à sua resistência ao cisalhamento.

3. MATERIAIS

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 02/18

3.1. Cimento Portland

Deverá obedecer às exigências da EB-1 e EB-208 da ABNT no que diz respeito à recepção (ensaios), embalagem e armazenamento do cimento.

3.2. Água

Deverá ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, alcalis ou matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

3.3. Solo

Os solos para emprego em BSMC devem satisfazer às seguintes condições:

- Granulometria enquadrada numa das seguintes faixas granulométricas (DNER-ME 80/64)

#		<u>Faixas</u>					
<u>ASTM</u>	<u>mm</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>	<u>F</u>
	2"	50,8	100	100	-	-	-
	1"	25,4	-	75-90	100	100	100
	3/8"	9,53	30-65	40-75	50-85	60-100	-
n.º	4	4,8	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100
n.º	10	2,0	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
n.º	40	0,42	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50
n.º	200**	0,074	2-8	5-15	5-15	5-20	6-20

* Somente para $N \leq 5 \times 10^6$ (número de repetições do eixo simples padrão calculado pelo Método DNER/1966, correspondente ao período de projeto).

** A porcentagem do material que passa na peneira n.º 200 não deve ultrapassar 2/3 da

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P 05/01 PÁG. 03/18

porcentagem que passa na peneira n.º 40.

- agregado retido na peneira n.º 10 não deve ter partículas moles nem impurezas nocivas, devendo apresentar valor “abrasão Los Angeles” (DNER-ME-35/64) igual ou inferior a 55%, e o material passando na peneira n.º 10 *não deve conter matéria orgânica* ou outras impurezas nocivas.
- Limite de Liquidez (LL) (DNER-ME 44/71) igual ou inferior a 40%.
- Índice de Plasticidade (IP) (DNER-ME 82/63) igual ou inferior a 18%.
- CBR (Índice de Suporte Califórnia) igual ou superior a: 60% para $N \leq 5 \times 10^6$ (número de repetições do eixo simples padrão calculado pelo Método de Projeto DNER/1966, correspondente ao período de projeto); 80% para $N > 5 \times 10^6$.

Nota: Se houver carência de material na região e se $N \leq 2,5 \times 10^6$ pode-se considerar o limite mínimo de 40% para o CBR.

O ensaio CBR sendo realizado segundo o DNER-ME 49/74 com a energia especificada no Projeto (PI ou PM).

- A expansão medida no ensaio CBR não deve ser superior a 0,5%.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

4.2 A *Usina de solos* (ou “Central de Mistura”) deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

Silos – para os diversos componentes, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivo que permita graduar o escoamento. Haverá um silo especial para a dosagem do Cimento;

Transportadores de Esteiras – que transportam os componentes da mistura, já nas devidas

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 04/18

proporções, até a unidade misturadora;

Unidade Misturadora - tipo “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída da unidade;

Reservatório de Água e Canalização – que permitam armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo de mistura;

Unidade de Carregamento – constituída de um silo abastecido por “transportadores de correia” ou “elevadores de canecas”, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

O Depósito para armazenamento do cimento será em locais protegidos contra umidade, de fácil acesso à inspeção. As pilhas de sacos de cimento devem ser colocadas sobre um estrado de madeira, e não devem conter mais de 10 sacos.

Em suma, a Usina deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solo, cimento e água, no teor de umidade requerida, e de depositá-la sem segregação no caminhão transportador.

Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 e 500t.

4.3 O *Distribuidor de Solos* deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-la na pista, sem segregação numa espessura constante tal, que após a compactação, se situe entre 10,0 e 20,0cm.

4.4 A *Motoniveladora* deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cuja espessura após a compactação possa atingir o mínimo de 20,0cm, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da Especificação.

4.5 Poderão ser usados isoladamente ou em combinação os dois seguintes tipos de

Rolos Compactadores:

- rolo liso vibratório – autopropulsor, com controle de frequência de vibração, e com a relação “peso/largura de roda” no intervalo 21 a 45 kgf/cm;
- rolo liso pneumático – autopropulsor, com pressão variável (35 a 120 lb/pol², ou 2,5 a 8,4 kgf/cm²).

5. EXECUÇÃO

5.1. Mistura

A mistura de solo Melhorado com Cimento só poderá ser feita em Usina (ou Central de Mistura).

A mistura deve sair da usina perfeitamente homogeneizada. É conveniente que o teor de umidade esteja de 2 a 5 pontos percentuais acima da umidade ótima de compactação para fazer face ao “período de cura”.

5.2. Cura e Espalhamento com Motoniveladora

Após sair da usina a mistura deve ser enleirada na pista ou numa praça para isso preparada, quando deve ser deixada “curar” de 2 a 4 dias. Após a “cura” na pista, a mistura é espalhada com motoniveladora, aerada ou umedecida com a ajuda de grade de discos. Após a “Cura” na praça a mistura volta a usina, devendo dela sair na faixa ótima de umidade de compactação.

5.3. Transporte e Espalhamento com Distribuidor de Solos

O transporte da mistura posta na faixa ótima de umidade, da usina para a pista, deve ser feita em caminhões basculantes ou outros veículos apropriados, tomando-se a precaução para que não perca ou adquira umidade (água de chuva). O espalhamento é então procedido com o

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 06/18

distribuidor de solos.

O *espalhamento* deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, com espessura compactada no máximo de 20,0cm e no mínimo de 10,0cm.

5.4. Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo liso vibratório autopropulsor em combinação com rolo pneumático autopropulsor, podendo-se entretanto usar-se apenas um desses rolos, isoladamente.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “número de coberturas do rolo versus grau de compactação” para determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto).

5.5. Acabamento

A operação de acabamento será executada com os rolos compactadores usados, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o Projeto, e com o auxílio da motoniveladora.

Só será permitido a conformação geométrica por corte.

5.6. Liberação ao Tráfego

Após a verificação e aceitação do intervalo trabalhado, o mesmo poderá ser entregue ao tráfego usuário.

O intervalo de tempo que uma Base de solo Melhorado com Cimento pode ficar exposta ao tráfego usuário é função de várias variáveis, tais como:

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P 05/01 PÁG. 07/18

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques.
- Coesão do material.
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento podem danificar rapidamente a camada.
- A intensidade do tráfego.

Em princípio, é vantajoso expor a base de Solo Melhorado com cimento e ao tráfego usuário *durante o maior tempo possível*, quando se tem a oportunidade de aumentar seu “grau de compactação” e de observar seus defeitos.

5.7 Deverá ser mantido permanentemente um “Fiscal de Pista” para o acompanhamento dos Materiais, da Execução e dos Controles Tecnológico e Geométrico referente a BSMC, que deverá comunicar ao Engenheiro Fiscal todas as irregularidades porventura ocorridas que tomará as providências julgadas cabíveis.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados na BSMC tenham características satisfazendo a esta Especificação e às Especificações complementares e Particulares adotadas no Projeto.

6.1.1 Exploração de Jazidas de solos

A Fiscalização manterá permanentemente na obra um “Fiscal de Jazida” que também acompanhará a mistura na usina.

O Fiscal de Jazidas as visitará todos os dias de exploração das mesmas, observando *o modo de exploração e a natureza dos materiais obtidos*. Cuidados especiais serão dedicados a evitar que sejam cavados “fundos de jazidas” com solos diferentes dos indicados no Projeto.

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 08/18

O “Fiscal de Jazida” deverá impedir que materiais suspeitos sejam transportados para a Usina de solos (ou para a Pista). Quaisquer fatos considerados graves deverão ser comunicados ao Engenheiro Fiscal (da AGETOP ou da Consultora por ele contratado), que ajuizará sobre a necessidade ou não de suspender os serviços de exploração, e que tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.2 Controle dos Valores de “Abrasão Los Angeles”

De um modo geral, o controle dos valores de LA dos diferentes solos será feito por *observação visual da resistência das partículas*. Somente em caso de dúvida serão colhidas 3 amostras e enviadas a um Laboratório Central para a realização do ensaio Los Angeles (DNER-ME 35/64). Se pelo menos 2 resultados não obedecerem à Especificação, a fonte de material será interditada e o Engenheiro Fiscal tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.3 Controle do Teor de Umidade de Compactação

Para cada 100m de comprimento do “pano” a ser compactado, será determinado um “teor de umidade”, imediatamente antes da compactação, pelo “método expedito da frigideira” (500g para os solos mais graúdos e 200g para os solos mais finos – ensaio este feito “in situ”).

Para o controle da homogeneidade do teor de umidade, será utilizado o aparelho “Speedy” que permite com rapidez a determinação de teores de umidade em pontos aleatórios dentro do “pano” a ser compactado. Deve-se procurar, se possível, para cada tipo de solo, a correlação entre o teor de umidade determinado pelo “Speedy” e o teor de umidade determinado pelo “método da frigideira”.

Só será permitida a compactação do referido “pano” se praticamente todos os resultados estiverem dentro da citada faixa de teor de umidade. Em caso contrário, deverá ser procedido um “umedecimento” (ou aeração), acompanhado dos processos de homogeneização, até se conseguir o enquadramento da faixa de “teor de umidade de compactação”.

6.1.4 Controle de Outras Características dos Materiais

a) Serão controladas as seguintes características:

- 1 – Granulometria (DNER-ME 80/64)
- 2 – Limite de Liquidez – LL (DNER-ME 44/71)
- 3 – Índice de Plasticidade – IP (DNER-ME 82/63)
- 4 – Índice de Suporte Califórnia – CBR.

b) Será colhida uma amostra de cerca de 15kg na saída do misturador, que será “quarteada” e retirada uma amostra para os ensaios 1, 2 e 3. Cada amostra de 15kg deve corresponder a cerca de 200m de base a ser executada, devendo-se fazer uma correspondência entre o número da amostra ensaiada e a localização dos 200m de base.

c) O ensaio 4 - CBR - será realizado com amostra coletada na pista, após a aprovação para a compactação, moldando-se um Corpo de Prova para o ensaio CBR com a energia especificada no Projeto (DNER-ME 50/64), a cada 200m de Base.

d) Para cada N = 10 amostras assim colhidas e ensaiadas, correspondendo a cerca de 2.000m de extensão de Base, calcula-se os seguintes valores estatísticos:

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s$$

$$X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s$$

$$U_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$U_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$\text{onde: } \bar{X} = \Sigma X_i / N \quad \text{e} \quad s = \sqrt{\Sigma (X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$$

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 10/18

e) Sendo:

$t_{máx}^1$ e $t_{mín}^1$ os valores máximo e mínimo correspondentes a faixa granulométrica em questão para as peneiras: n.º 10, n.º 40 e n.º 200;

$t_{máx}^2$ os valores máximo para LL e IP;

$t_{mín}^3$ o valor mínimo para o CBR

$t_{máx}^4$ o valor máximo para expansão

O material é considerado aprovado (AP) se forem satisfeitas todas as seguintes condições:

$$t_{máx}^1 \geq X_{máx}^1 \quad e \quad t_{mín}^1 \leq X_{mín}^1$$

$$t_{máx}^2 \geq X_{máx}^2$$

$$t_{mín}^3 \leq U_{mín}^3$$

$$t_{máx}^4 \geq U_{máx}^4$$

f) Se pelo menos uma das condições de (f) não for satisfeita, mas se os resultados satisfizerem a seguinte situação: *os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a $\underline{x\%}$ dos valores exigidos, sendo:*

$x = 20$ para a granulometria e expansão

$x = 10$ para LL, IP e CBR

então, o material é considerado aprovado sob reserva (APSR)

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 11/18

- g) Se o material não for considerado (AP) nem (APSR) passa a ser considerado não aprovado (NAP).
- h) O serviço de BSMC, quanto aos materiais, é considerado aceito, se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto se verificar-se uma das seguintes condições:
- mais de 2 (APSR) consecutivos
 - se o número de (APSR), calculado cumulativamente, ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR), calculado com $n \geq 10$,
 - então, a partir daí, o serviço só será considerado aceito com a condição (AP).
- i) Se o serviço de BSMC *não for considerado aceito* quanto aos materiais, a Base será arrancada e jogada fora, devendo a Base do segmento ser refeita com outra mistura de material.

6.2. EXECUÇÃO

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a satisfazer o *grau de compactação especificado*.
- b) O Grau de Compactação (GC) é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (D_s), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca (D_s , máx).

$$GC = \frac{D_s}{D_{s\text{máx}}} \times 100$$

D_s - obtida “in situ” (DNER-ME 92/64) sendo h - teor de umidade obtido com a “frigideira”.

$D_{s, \text{máx}}$ - obtida no ensaio de compactação (DNER-ME 48/64, mas com a energia especificada).

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P 05/01 PÁG. 12/18

- c) A cada 100m de pista, na ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito, etc., a 60cm do bordo, colhe-se uma amostra do material na pista, já homogeneizado, para a determinação de Ds, máx. Aproximadamente no mesmo local, realiza-se após a compactação, a determinação de Ds “in situ”, calculando-se, então o GC.

Após N = 10 ensaios, calcula-se o valor X_{\min} estatístico correspondente a GC, representando uma extensão de Base de 1000m.

- d) O serviço será considerado *aprovado* (AP), se
 $X_{\min} \geq 99\%$

e *aprovado sob reserva* (APSR), se

$$X_{\min} \geq 98\%$$

- e) O *serviço será considerado aceito*, quanto a compactação, se for (AP) ou (APSR).

Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, a partir daí, *o serviço será considerado aceito* com apenas (AP).

6.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes do início dos serviços de Base de Solo Melhorado com Cimento, serão traçados gráficos, onde em *abscissas* constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos *intervalos de estaqueamento* (ou de quilometragem):

- 1) Granulometria
- 2) Limite de Plasticidade (LL)
- 3) Índice de Plasticidade (IP)
- 4) Índice de Suporte Califórnia (CBR)
- 5) Grau de Compactação (GC)

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P 05/01 PÁG. 13/18

- b) A fiscalização elaborará *Relatórios Mensais* obrigatoriamente assinados, e rubricados em todas as suas páginas, pelo Engenheiro Fiscal e pelo Engenheiro da Construtora.
- c) Esses *Relatórios Mensais* deverão conter:
- os gráficos citados em (a);
 - todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a qualidade da obra.
- d) Os relatórios mensais serão arquivados em 2 vias; uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

7. CONTROLE GEOMÉTRICO

7.1. Controle de Cotas

Após a execução da BSMC proceder-se-á a relocação do eixo e marcar-se-á em cada estaca, a trena, os seguintes 4 pontos:

- correspondentes aos bordos do futuro revestimento
- correspondentes aos bordos da plataforma da base

Nota: para pistas com mais de duas faixas de tráfego, marcar-se-á os bordos de cada faixa.

Os 5 pontos (incluindo o correspondente ao eixo) serão nivelados e comparados com as suas respectivas cotas de Projeto.

A tolerância admitida por cada ponto nivelado será de $(C \pm 2)$ cm, sendo C a cota do Projeto.

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 14/18

No caso do Revestimento ser um Tratamento Superficial, exige-se uma Base mais bem “acabada” geometricamente, passando a tolerância de cotas por ponto individual para $(C \pm 1,5)\text{cm}$.

Quanto ao controle de cotas os serviços serão considerados aprovados (AP) se forem atendidas as tolerâncias especificadas, caso contrário os serviços serão considerados não aprovados (NAP).

Se a BSMC não for aprovada quanto as cotas, ela deverá ser totalmente refeita.

7.2. Controle de Espessura

A espessura da camada de BSMC será controlada no eixo e nos bordos do futuro Revestimento, com base na diferença entre a cota nivelada na Base e a correspondente cota nivelada na camada subjacente.

Para a espessura da camada de BSMC serão admitidas as seguintes tolerâncias:

- a) Para o valor individual de espessura, o intervalo: $(h + 4)\text{ cm}$ a $(h - 2)\text{ cm}$.

Sendo h = espessura do projeto.

- b) Para a Espessura Mínima Estatística do segmento a ser controlado: $U_{\min} \geq (h - 1,0)\text{ cm}$.

Calculando-se U_{\min} pela seguinte fórmula:

$$U_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$\text{Em que: } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{\sqrt{N}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N - 1}}$$

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P 05/01 PÁG. 15/18

$N \geq 9$ determinações

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

Para o valor individual de espessura não será tolerado nenhum valor fora do intervalo especificado.

Para a Espessura Mínima Estatística, o serviço será considerado aprovado se $U_{mín} \geq (h - 1,0)\text{cm}$ e será aprovado sob reserva (APSR) se $U_{mín} \geq (h - 1,5)\text{cm}$.

Se o serviço não for (AP) ou (APSR), será considerado não aprovado (NAP).

O serviço de BSMC, quanto a espessura, é “considerado aceito” se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número N correspondente a soma (AP + APSR), calculado com $N \geq 10$, então a partir daí, o serviço só será “considerado aceito” com a condição (AP).

Se o serviço de BSMC “não for considerado aceito” quanto à espessura, a Base deverá ser “completamente refeita”.

7.3. Controle da Largura e da Flecha de Abaulamento

Para cada estaca (de 20 em 20m) será determinada:

- a) a largura da Base, com trena;
- b) a flecha de abaulamento, de acordo com o nivelamento dos 3 pontos: eixo e bordos do futuro Revestimento.

O “serviço será aceito”, quanto à largura e à flecha de abaulamento, se, para cada valor individual, os seguintes limites de tolerâncias “não forem ultrapassados”:

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 16/18

- 10cm quanto a largura;
- até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta.

Se o serviço “não for aceito”, a Base deverá ser completamente refeita.

8. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Na exploração das jazidas:
 - desmatamento, destocamento e limpeza, serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;
 - Não é permitida a queima da vegetação removida;
 - Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola. Em nenhuma hipótese serão localizadas em reservas florestais e/ou ecológicas ou mesmo nas suas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;
 - As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser reconformadas com abrandamento de taludes, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser realizada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito;
 - Sempre que localizadas em áreas de risco, com alto potencial de erosão, as jazidas devem ser exploradas por setores, os quais uma vez esgotados, devem ser imediatamente recompostos.

Disciplinar o trânsito de veículos de serviço e equipamentos para evitar a formação de

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P 05/01 PÁG. 17/18

trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação e garantir boa trafegabilidade nos caminhos de serviços, durante a exploração das jazidas. As estradas ou caminhos de serviço devem seguir as especificações próprias.

Caso seja utilizada brita, os seguintes cuidados principais deverão ser observados na exploração da pedreira:

- evitar a localização da pedreira a das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- as estradas de acesso deverão seguir às recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

b) Na execução

- Na execução da camada de sub-base/base estabilizada granulometricamente, os cuidados para preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos;
- Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação;
- As áreas destinadas a estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes o/ou de combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO

AGETOP - ES-P05/01 PÁG. 18/18

O Serviço de Base de Solo Melhorado com Cimento será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 O acostamento, como extensão da “Base”, é usualmente executado com o mesmo material usado na confecção dessa camada e simultaneamente com a mesma. Neste caso, sua execução é regida pela Especificação de Base. O acostamento pode receber, também, um revestimento asfáltico.

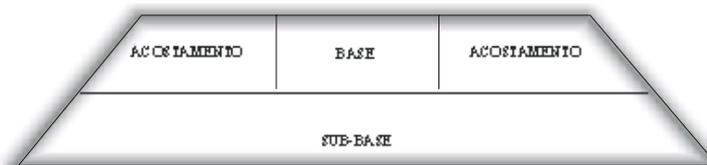
1.2 Esta Especificação trata de acostamentos executados independentemente da Base e constituídos de solos, produtos de britagem ou mistura de ambos.

1.3 As camadas subjacentes, (Ver AGETOP-ES-P02/01), isto é, “Sub-Base” e “Reforço” são regidos por “Especificações” pertinentes a cada camada.

1.4 O acostamento tem largura variando desde uma simples contenção lateral da faixa de rolamento, até dimensão suficiente para abrigar com segurança um veículo parado em caso de emergência.

1.5 O acostamento não recebe a ação do tráfego como a faixa de rolamento. Por isto, quando a base é constituída de materiais cuja obtenção é muito onerosa, é técnica e economicamente recomendável, executá-lo com materiais com características inferiores às exigidas para “Base”. Assim reduz-se o custo de misturas, podendo-se até eliminá-las.

1.6 Como mostra a figura a seguir, a execução de acostamentos com materiais diferentes da Base, confinam esta camada, podendo acarretar problemas de drenagem quando os materiais dos Acostamentos são mais impermeáveis que os da Base.



1.7 Na implantação de um pavimento novo com materiais dos Acostamentos diferentes dos da Base, a execução dos acostamentos deve preceder a da Base. Se houver misturas de

dois materiais, esta poderá ser realizada na pista já que se pode usar a plataforma de Sub-Base para as operações. Para misturas de mais de dois materiais é obrigatório o uso de usina de solos.

1.8 No caso da restauração de acostamentos de pavimentos existentes, a mistura de dois ou mais materiais será feita em usina. Neste caso também há que se levar em conta a compatibilidade, da largura de operação do equipamento com a largura à executar e deverá ser regida por “Especificação Complementar” indicada em projeto.

2. DEFINIÇÃO

O Acostamento, constituído de solos, produtos de britagem ou mistura de ambos, como extensão da base, é parte da plataforma da rodovia contígua a faixa de tráfego (Pista de rolamento) destinado a contê-la e protegê-la, e eventualmente, em caso de emergência, como local de parada ou trânsito de veículos.

3. MATERIAIS

Os materiais a serem empregados nos acostamentos deverão preencher os seguintes requisitos, quando não forem utilizados os mesmos materiais da Base:

- Deverão possuir porcentagem passando na peneira n.º 200 menor ou igual a 35% (DNER-ME 84/64).
- A fração que passa na peneira n.º 40 deverá apresentar limite de liquidez (LL) inferior ou igual a 40% e índice de plasticidade (IP) inferior ou igual a 10%.
- Índice de Suporte Califórnia será superior ou igual a 40% e expansão inferior a 0,5%, determinados segundo o Método DNER-ME 49/64 com a energia do “Proctor Intermediário”.
- Para Solos Lateríticos (Ver AGETOP-ES-P 04/01), a porcentagem passando na peneira n.º 200 será menor ou igual a 40% (DNER-ME 84/64), Limite de Liquidez menor ou igual a 40% (DNER-ME 44/64) e Índice de Plasticidade inferior ou igual

a 15% (DNER-ME 82/63).

O Índice de Suporte Califórnia será superior ou igual a 40% e a expansão não será superior a 0,2% determinados segundo o Método DNER-ME 49/64 com energia do “Proctor Intermediário”.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço.

4.2 A *Usina de Solos* (ou “Central de Mistura”) deverá ser constituída essencialmente do seguinte:

Silos - para os diversos componentes, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento;

Transportadores de Esteiras - que transportam os componentes da mistura, já nas devidas proporções, até a unidade misturadora;

Unidade Misturadora - tipo “pug-mill”, constituído usualmente de uma caixa metálica, tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de uma chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes, e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída da unidade;

Reservatório de Água e Canalização - que permitam armazenar e espargir a água sobre o solo durante o processo de mistura;

Unidade de Carregamento - constituída de um silo abastecido por “transportadores de correia” ou “elevadores de canecas”, e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

Em suma, a *Usina de Solos* deve ser capaz de produzir uma mistura homogênea de solos e britas, no teor de umidade requerido, e de depositá-la, sem segregação, no caminhão transportador. Deve-se exigir uma capacidade de produção horária entre 150 e 500t.

4.3 O *Distribuidor de Solos* deve ser capaz de receber a mistura dos caminhões basculantes e espalhá-los na pista, sem segregação, numa espessura constante tal que, após a compactação, se situe entre 10,0 e 20,0cm.

4.4 A *Motoniveladora* deve ser suficientemente potente para destorroar, misturar e homogeneizar massas, cuja espessura, após a compactação, possa atingir o mínimo de 20,0cm, e de conformar a superfície acabada dentro das exigências da Especificação.

4.5 A *Grade de Discos*, rebocada por um conveniente *Trator de Pneus*, deve ser capaz de complementar os trabalhos de “destorroamento”, “mistura” e “homogeneização do teor de água” iniciados pela *Motoniveladora*.

4.6 Os *Caminhões Distribuidores d'água* deverão ter capacidade suficiente para evitar o transtorno ocasionado por um número excessivo de unidades. Em qualquer hipótese não será aceito uma unidade com capacidade menor que 4.000 litros.

4.7 Poderão ser usados isoladamente ou em combinação, os dois seguintes tipos de *Rolos Compactadores*:

- Rolo Liso Vibratório - autopropulsor, com controle de frequência de vibração, e com a relação “peso / largura de roda” no intervalo 21 a 45 kgf/cm²;
- Rolo Liso Pneumático - autopropulsor, com pressão variável (35 a 120 lb/pol², ou 2,5 a 8,4 kgf/cm²).

5. EXECUÇÃO

5.1 Quando houver mistura de mais de 2 (dois) componentes, essa mistura terá que ser necessariamente feita em *Usina de Solos*.

A mistura de até dois componentes, quando da execução de pavimentos novos, pode ser opcionalmente feita *na pista*.

5.2. Execução em Usina de Solos

A *mistura* deve sair da Usina de Solos perfeitamente homogeneizada, num teor de umidade tal que, após o espalhamento na pista, esteja dentro da faixa de “teor de umidade para compactação”.

O *transporte da mistura* da Usina para a pista deve ser feito em caminhões basculantes, ou outros veículos apropriados, tomando-se precaução para que não perca ou adquira umidade (água de chuva).

A mistura em usina deve preferencialmente ser espalhada com um *Distribuidor de Solos*. No caso de espalhamento com motoniveladora pode se tornar difícil o enquadramento da faixa de “teor de umidade para compactação”. Deve-se, então, dispor de carro tanque distribuidor de água, grade de discos, e motoniveladora para umedecimento (ou aeração) e homogeneização.

O *espalhamento* deve ser feito de modo a conduzir a uma camada de espessura constante, com espessura compactada no máximo de 20,0cm e no mínimo de 10,0cm e com uma sobre-largura de 40,0cm para a parte interior da plataforma para permitir uma perfeita compactação.

A *compactação, o acabamento e a liberação ao tráfego*, serão realizadas como na EXECUÇÃO NA PISTA.

5.3. Execução na Pista

A execução de Base (Acostamentos) Estabilizada Granulometricamente envolve basicamente as seguintes operações:

- Espalhamento
- Homogeneização dos Materiais Secos
- Umedecimento ou Aeração e Homogeneização da Umidade
- Compactação
- Acabamento
- Liberação ao Tráfego

5.3.1 Espalhamento

O espalhamento do material depositado na plataforma se fará com motoniveladora. O material será espalhado de modo que a camada fique com espessura constante. Não poderão ser confeccionadas camadas com espessuras compactadas superiores a 20,0cm nem inferiores a 10,0cm. No caso de dois materiais, será feito primeiramente o espalhamento do material de maior quantidade e sobre essa camada, espalhar-se-á o outro material. Quando o Acostamento for executado antes da Base (ou pista de rolamento), a camada será espalhada com uma sobre-largura de 40,0cm, na parte interior da plataforma, para permitir uma perfeita compactação.

5.3.2 Homogeneização dos Materiais Secos

O material espalhado será homogeneizado com o uso combinado de grade de disco e motoniveladora. A homogeneização prosseguirá até que visualmente não se distinga um material do outro. Nessa fase serão retirados os materiais estranhos (blocos de pedra, raízes, etc.).

5.3.3 Umedecimento ou Aeração e Homogeneização da Umidade

Para atingir-se a faixa do teor de umidade na qual o material será compactado, serão utilizados carros tanques (para umedecimento), motoniveladora e grade de discos (para aeração). A faixa de umidade deverá ser preferencialmente fixada através da curva CBR x Umidade, entrando-se com o valor do CBR fixado e determinando-se a faixa do “teor de umidade de

compactação”.

A curva CBR x h deverá ser obtida simultaneamente com a curva de compactação (DNER-ME 49/74), utilizando a energia de compactação fixada no Projeto.

Se por qualquer motivo não se puder traçar a curva CBR x h, deve-se adotar a faixa: $(h_{ot} - 1,5)\%$ a $(h_{ot} + 0,5)\%$.

É muito importante uma perfeita homogeneização da umidade.

5.3.4 Compactação

A compactação deve ser executada preferencialmente com rolo liso vibratório autopropulsor em combinação com rolo pneumático autopropulsor, podendo-se, entretanto, usar-se apenas um desses rolos, isoladamente.

Deverá ser elaborada para um mesmo tipo de material uma relação na pista entre o “número de coberturas do rolo x grau de compactação”, para se determinar o número necessário de “coberturas” (passadas num mesmo ponto).

Cuidados especiais deve-se ter com, misturas de solo com material de britagem ou produtos totais de britagem (solo brita, brita graduada) quanto à compactação. Estes materiais tendem a aumentar sua densidade para energias superiores ao Proctor Modificado, sem se degradar. A energia de compactação, neste caso, deve ser determinada pela curva “densidade x energia”, considerando-se a energia que praticamente torna a curva assintótica. O mais correto seria o termo massa específica.

5.3.5 Acabamento

A operação de acabamento será executada com os rolos compactadores usados, que darão a conformação geométrica longitudinal e transversal da plataforma, de acordo com o

Projeto, complementada com o trabalho da Motoniveladora.

Só é permitido a conformação geométrica por corte.

O excesso lateral para parte interna da plataforma será removido com motoniveladora, de modo que a “Base” a ser executada fique com a largura prevista em Projeto. O material removido poderá ser reutilizado.

5.3.6 Liberação ao Tráfego

Preferencialmente, não se deve permitir tráfego usuário sobre o acostamento.

O intervalo de tempo que um acostamento estabilizado granulometricamente pode ficar exposto ao tráfego usuário é função de várias variáveis, tais como:

- Umidade do material, que pode ser mantida através de molhagem com carros tanques.
- Coesão do material.
- Condições meteorológicas, onde o excesso de umidade e condições de escoamento, podem danificar rapidamente a camada.
- A intensidade do tráfego.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais

A *condição essencial* é que os materiais empregados no Acostamento tenham características satisfazendo a esta Especificação e às Especificações Complementares e Particulares adotadas no Projeto.

6.1.1 Exploração de Jazidas de Solos e Pedreiras

A Fiscalização manterá permanentemente na obra um “Fiscal de Jazida” que visitará, em todos os dias úteis, as Jazidas de Solos e as Pedreiras em exploração, observando o *modo de exploração* e a *natureza dos materiais obtidos*. Cuidados especiais serão dedicados a evitar que sejam cavados “fundos de jazidas” com solos diferentes dos indicados no Projeto.

O “Fiscal de Jazida” deverá impedir que materiais suspeitos sejam transportados para a Usina de Solos (ou para a Pista). Quaisquer fatos considerados graves, deverão ser comunicados ao Engenheiro Fiscal (da AGETOP ou da Consultora por ele contratada), que ajuizará sobre a necessidade ou não de suspender os serviços de exploração, e que tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.2 Controle da Natureza Laterítica da Mistura

Somente em caso de dúvida serão colhidas amostras para os ensaios de “Determinação da Relação S/R” (DNER-ME 30/72) e da “natureza da argila” (“Análise Térmica Diferencial”, “Raios X”, etc., a serem realizados em laboratórios especializados) - com a finalidade de confirmar a *natureza laterítica* do material.

Caso se confirme que, um material dado como “laterítico”, no Projeto, é na realidade “não laterítico”, a exploração da Jazida correspondente será suspensa, e o Engenheiro Fiscal tomará as providências julgadas cabíveis.

6.1.3 Controle do Teor de Umidade de Compactação

Para cada 100m de comprimento do “pano” a ser compactado, será determinado um “teor de umidade”, imediatamente antes da compactação, pelo “método expedito da frigideira” (500g para os solos mais graúdos e 200g para os solos mais finos - ensaio este feito “in situ”).

Para o controle da homogeneidade do teor de umidade, será utilizado o aparelho “Speedy” que permite com rapidez a determinação de teores de umidade em pontos aleatórios dentro do “pano” a ser compactado. Deve-se procurar, se possível, para cada tipo de solo, a correlação entre o teor de umidade determinado pelo “Speedy” e o teor de umidade determinado pelo “método da frigideira”.

Só será permitida a compactação do referido “pano” se praticamente todos os resultados estiverem dentro da citada faixa de teor de umidade. Em caso contrário, deverá ser procedido um “umedecimento” (ou “aeração”), acompanhado dos processos de homogeneização, até se conseguir o enquadramento da faixa de “teor de umidade de compactação”.

6.1.4 Controle de Outras Características dos Materiais

- a) Serão controladas as seguintes características:
1. Granulometria (DNER-ME 80/64)
 2. Limite de Liquidez - LL (DNER-ME 44/71)
 3. Índice de Plasticidade - IP (DNER-ME 82/63)
 4. Índice de Suporte Califórnia – CBR
- b) No caso de *Mistura em Usina*, será colhida uma amostra de cerca de 15kg, na saída do misturador, que em seguida deve ser “quarteada”, para se obter uma amostra para os ensaios 1, 2 e 3. Cada amostra de 15kg deve corresponder a cerca de 200m de Acostamento a ser executado, devendo-se fazer uma correspondência entre o número da amostra obtida e a localização dos 200m de Acostamento.
- c) No caso de *Mistura na Pista* colhe-se uma amostra de cerca de 5kg, do material espalhado e homogeneizado, um pouco antes da compactação, para os ensaios 1, 2 e 3.
- d) Para o ensaio 4 - CBR colhe-se, em ambos os casos, uma amostra na pista, imediatamente antes da compactação, moldando-se um Corpo de Prova para o ensaio

CBR com a energia especificada no Projeto (DNER-ME 50/64), a cada 200m de acostamento, coincidindo com o local da amostra do item (c).

- e) Para cada $N = 10$ amostras assim colhidas e ensaiadas, correspondendo a cerca de 2.000m de extensão de acostamento, calcula-se os seguintes valores estatísticos:

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68 \text{ s}$$

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68 \text{ s}$$

$$U_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$U_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$\text{onde: } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} \text{ e } s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

- f) sendo:

$t_{\text{máx}}^1$ e $t_{\text{mín}}^1$ os valores máximo e mínimo correspondentes a porcentagem passando na Peneira n.º 200.

$t_{\text{máx}}^2$ os valores máximos para LL e IP.

$t_{\text{mín}}^3$ o valor mínimo para o CBR.

$t_{\text{mín}}^4$ o valor máximo para a expansão.

O material é considerado *aprovado* (AP), se forem satisfeitas todas as seguintes condições:

$$t_{\text{máx}}^1 \geq X_{\text{máx}}^1 \quad \text{e} \quad t_{\text{mín}}^i \geq X_{\text{mín}}^i$$

$$t_{\text{máx}}^2 \geq X_{\text{máx}}^2$$

$$t_{\text{mín}}^3 \geq U_{\text{mín}}^3$$

$$t_{\text{máx}}^4 \geq U_{\text{máx}}^4$$

- g) Se pelo menos uma das condições de (f) não for satisfeita, mas se os resultados satisfizerem a seguinte situação: *os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo:*

$x = 20$ para a granulometria e expansão

$x = 10$ para LL, IP e CBR,

Então, o material é considerado *aprovado sob reserva* (APSR).

- h) Se o material não for considerado (AP) nem (APSR) passa a ser considerado *não aprovado* (NAP).
- i) O serviço de acostamento, quanto aos materiais, é *considerado aceito*, se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto se verificar-se uma das seguintes situações:
- mais de 2 (APSR) consecutivos.
 - se o número de (APSR), calculado cumulativamente, ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR), calculado com $n > 10$, então, a partir daí,

o serviço só será *considerado aceito* com a condição (AP).

- j) Se o serviço de acostamento *não for considerado aceito* quanto aos materiais, a Base será arrancada e, de acordo com o Engenheiro Fiscal, poderá o material:
- ser lançado fora.
 - ser corrigido com a adição de outros materiais granulares, ou mesmo com a adição de um aditivo.

6.2. Execução

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a satisfazer o *grau mínimo de compactação* especificado.
- b) O Grau de Compactação (GC) é definido como a relação percentual entre a massa específica aparente seca (D_s), geralmente chamada de “densidade aparente seca”, e a massa específica aparente seca máxima (D_s , máx).

$$GC = \frac{D_s}{D_{s,máx}} \times 100$$

D_s - obtida “in situ” (DNER-ME 92/64) sendo h - teor de umidade obtido com a “frigideira”.

D_s , máx - obtida no ensaio de compactação (DNER-ME 48/64, mas com a energia especificada).

- c) A cada 100m de pista, na ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, bordo direito, etc., a 60cm do bordo, colhe-se uma amostra do material na pista, já homogeneizado, para a determinação de D_s , máx. Aproximadamente no mesmo local, realiza-se, após a compactação a determinação de D_s “in situ”, calculando-se, então, o GC.

Após $N = 10$ ensaios, calcula-se o valor X_{\min} estatístico correspondente a GC, representando uma extensão de acostamento de 1.000m.

- d) O serviço será considerado aprovado (AP), se:

$$\bar{X}_{\min} \geq 99\%$$

e aprovado sob reserva (APSR), se:

$$\bar{X}_{\min} \geq 98\%$$

- e) O *serviço será considerado aceito*, quanto a compactação, se for (AP) ou (APSR).

Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, então o *serviço será considerado aceito* com apenas (AP).

- f) Se o *serviço não for considerado aceito*, deve-se escarificar o acostamento, e proceder-se a uma nova compactação.

Nota: se for o caso de “solo-brita” ou “brita graduada”, então a curva D_s , máx x Energia de Compactação, que permite especificar a energia de compactação, deve ser determinada a cada 1.500m de acostamento executado, ou quando houver variações na natureza dos materiais ou no traço da mistura.

6.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes do início dos serviços de acostamento, serão traçados gráficos, onde em *abscissas* constarão o estaqueamento (ou quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos *intervalos de estaqueamento* (ou de quilometragem):

1. Granulometria
2. Limite de Liquidez (LL)

3. Índice de Plasticidade (IP)
 4. Índice de Suporte Califórnia (CBR)
 5. Grau de Compactação (GC)
- b) A fiscalização elaborará *Relatórios Mensais* obrigatoriamente assinados, e rubricados em todas as suas páginas, pelo Engenheiro Fiscal e pelo Engenheiro da Construtora.
- c) Esses *Relatórios Mensais* deverão conter:
- os gráficos citados em (a);
 - todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a *qualidade da obra*.
- d) Os Relatórios Mensais serão arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

7. CONTROLE GEOMÉTRICO

Há dois casos a se considerar:

1º Caso - os acostamentos são executados simultaneamente com a Base. Neste caso o controle geométrico do Acostamento é feito juntamente com o da Base.

2º Caso - os acostamentos são executados separadamente da Base. Neste caso o controle geométrico das camadas de acostamentos serão controladas conforme descrito a seguir.

7.1. Controle de Cotas

Após a execução dos Acostamentos, proceder-se-á a relocação do eixo e marcar-se-á

em cada estaca, a trena, os seguintes dois pontos por acostamento:

- 1 correspondente ao bordo do Revestimento da Pista (bordo interno do Acostamento).
- 1 correspondente ao bordo externo do Acostamento.

Os 2 pontos serão nivelados e suas cotas comparadas com as do projeto, não se tolerando cotas fora do intervalo $(C \pm 2)$ cm, sendo C a cota do Projeto.

Atendidas as tolerâncias de cotas, os Acostamentos serão considerados aprovados (AP), caso contrário serão considerados não aprovados (NAP).

Se os Acostamentos não forem aprovados quanto ao Controle de Cotas ele deverá ser totalmente refeito.

7.2. Controle de Espessura

A espessura da camada dos Acostamentos será controlada no bordo do Revestimento da Pista e no bordo externo do acostamento, com base na diferença entre a cota nivelada na superfície do acostamento e a correspondente cota da camada subjacente.

Nota-se que para a realização do Controle de Espessura, é necessário o nivelamento dos bordos do acostamento antes e depois de executada a camada.

Para a espessura da Camada dos Acostamentos serão admitidas as seguintes tolerâncias:

- a) Valor individual de espessura: $(h \pm 2)$ cm, sendo h = espessura do Projeto.
- b) Espessura Mínima Estatística do segmento a ser controlado:

$U_{\min} \geq (h - 1)$ cm, calculando-se U_{\min} pela seguinte fórmula:

$$U_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

$$\text{em que: } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$N \geq 9$ determinações

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo

Para o valor individual de espessura não será aceito nenhum valor fora do intervalo especificado.

Para a Espessura Mínima Estatística, o serviço será considerado aprovado (AP) se $U_{\min} \geq (h - 1)$ cm e será aprovado sob reserva (APSR) se $U_{\min} \geq (h - 1,5)$ cm.

Se o serviço não for (AP) ou (APSR), será considerado não aprovado (NAP).

Quanto a espessura, a camada dos Acostamentos será considerada aceita se verificar-se a condição (AP) ou (APSR). Entretanto, se houver mais de 2 (APSR) consecutivos, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR), calculada para ≥ 10 , então, a partir daí, o serviço só será considerado aceito com a condição (AP).

Os Acostamentos que não forem considerados aceito quanto a espessura, deverão ser “completamente refeitos”.

7.3. Controle da Largura

Para cada estaca, de 20 em 20m, será determinada a largura dos acostamentos, medindo-se com trena.

O serviço será aceito quando a largura de cada valor individual não for inferior a largura do Projeto.

8. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

a) Na exploração das jazidas:

- desmatamento, destocamento e limpeza, serão feitos dentro dos limites da área a ser escavada e o material retirado deverá ser estocado de forma que, após a exploração da jazida, o solo orgânico possa ser espalhado na área escavada para reintegrá-la à paisagem;
- Não é permitida a queima da vegetação removida;
- Deve ser evitada a localização de jazidas em áreas de boa aptidão agrícola. Em nenhuma hipótese serão localizadas em reservas florestais e/ou ecológicas ou mesmo nas suas proximidades quando houver perigo de danos a estas áreas;
- As áreas das jazidas, após a escavação, deverão ser reconfirmadas com abrandamento de taludes, de modo a reincorporá-las ao relevo natural. Esta operação deve ser realizada antes do espalhamento do solo orgânico conforme já descrito;
- Sempre que localizadas em áreas de risco, com alto potencial de erosão, as jazidas devem ser exploradas por setores, os quais uma vez esgotados, devem ser imediatamente recompostos.

Disciplinar o trânsito de veículos de serviço e equipamentos para evitar a formação de

trilhas desnecessárias e que acarretam a destruição da vegetação e garantir boa trafegabilidade nos caminhos de serviços, durante a exploração das jazidas. As estradas ou caminhos de serviço devem seguir as especificações próprias.

Caso seja utilizada brita, os seguintes cuidados principais deverão ser observados na exploração da pedreira:

- evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- as estradas de acesso deverão seguir às recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

b) Na execução:

- Na execução da camada de sub-base/base estabilizada granulometricamente, os cuidados para preservação ambiental, referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.
- Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação.
- As áreas destinadas a estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes o/ou de combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O Serviço de execução de acostamento será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 É usual que uma *camada granular* (aquela constituída por partículas de solo ou agregado, *sem ou com pequena coesão*) após compactada, como camada de um *pavimento*, sofra uma certa *desagregação em sua parte superior* devido a uma maior evaporação da água de compactação. Essa *desagregação* tende a aumentar com o tráfego da obra. No caso de uma *Base Granular* que necessite ser aberta ao tráfego imediatamente após sua conclusão, essa desagregação pode atingir níveis catastróficos.

1.2 É muito importante que haja uma *perfeita aderência* entre uma *Base* e seu *Revestimento Asfáltico*. No caso de uma *Base Granular* faz-se necessário reforçar a *coesão* de sua parte superior, *intrinsecamente mais fraca*, para evitar que o *Revestimento* possa deslizar sobre a *Base*, mesmo que tenha *grudado* nessa delgada camada superior, a qual pode ser arrancada do *Corpo da Base*.

1.3 Para se obter a *necessária coesão* da parte superior de uma *camada granular* deve-se *impregná-la de asfalto*, imediatamente após sua compactação, operação esta que recebeu o nome de *Imprimação* (ou *Imprimadura*). Note-se que a *Imprimação* traz ainda o benefício de uma *Impermeabilização*. As *Bases Granulares* devem sempre ser *Imprimadas*. Muitas vezes, é operacionalmente vantajosa a *Imprimação da Sub-Base*.

1.4 Um *Revestimento Asfáltico* sempre deve ser colocado sobre uma *superfície asfáltica* para permitir a *necessária colagem*. É claro que uma *impregnação com asfalto* da parte superior de uma *Base Coesiva* (“Solo-Asfalto”, “Solo-Cimento”, etc.) só iria *amolecer* essa parte, não se devendo pois, executar uma *Imprimação*, mas sim o que se chama de *Pintura de Ligação*. A diferença fundamental entre uma *Imprimação* e uma *Pintura de Ligação* é que na primeira o asfalto *tem que penetrar* e na segunda *não deve penetrar* na camada considerada.

1.5 Obviamente uma *Imprimação* deve ser feita com *asfalto liquidificado* que deve manter baixa viscosidade durante certo período de tempo, geralmente até 24 (vinte e quatro) horas, obtendo-se uma *penetração* de 3mm (três milímetros) a 20mm (vinte milímetros) de

acordo com a *permeabilidade* da Camada Granular. Praticamente, deve-se usar um Asfalto Diluído de Cura Média (querosene) de baixa viscosidade, normalmente um AD-CM-30, usando-se um CM-70 (mais viscoso) para o caso menos freqüente de Bases muito permeáveis. Um AD de Cura Rápida (gasolina) aumenta de viscosidade mais depressa que o desejado, e um de Cura Lenta (óleo) mantém baixa viscosidade por tempo demasiado. Os tipos atuais de Emulsões Asfálticas possuem tamanho de partículas e natureza de emulsivos tais que praticamente impedem sua penetração na *Camada Granular*. Obviamente, é impossível usar-se o Cimento Asfáltico.

1.6 Os *Revestimentos por Penetração*, como por exemplo os *Tratamentos Superficiais* onde dá-se um 1º *banho de asfalto sobre a Base*, são executados diretamente sobre a *Base Imprimada*. Entretanto, para as *Misturas Asfálticas* (“Concreto Asfáltico”, “Areia-Asfalto”, etc.) se a *Base Imprimada* não mostrar *nítido poder ligante* (avaliado pelo tato), deve-se proceder a uma *Pintura de Ligação* sobre a *Imprimação* já considerada *cega*. Geralmente considera-se de 07 (sete) dias o prazo máximo entre o término da *Imprimação*, sem “recobrimento com areia” e sem “trânsito”, e a colocação de uma *Mistura Asfáltica* sem necessidade de *Pintura de Ligação*. Se houver um desses dois fatores, então é obrigatório a *Pintura de Ligação*.

1.7 A *Imprimação*, embora geralmente encarada como uma operação simples, é de grande importância para a “performance” do *Revestimento Asfáltico* e conseqüentemente do *Pavimento*. Deve-se estar inclusive atento para a possibilidade do rompimento do Conjunto *Revestimento / Camada Superior Imprimada* com o restante da Base. Os *Tratamentos Superficiais* são particularmente sensíveis às qualidades da *Imprimação*. É importante que a *camada a Imprimir* seja bem varrida (vassouras mecânicas complementadas com manuais, e as vezes até jatos de ar comprimido) para eliminar os materiais soltos e o pó. Alguns engenheiros consideram vantajoso *um leve umedecimento com água* para, diminuindo a influência do ar quente dos vazios, facilitar a penetração do ligante.

2. DEFINIÇÃO

IMPRIMAÇÃO é a operação que consiste na impregnação com asfalto da parte superior

de uma *camada de solo granular* já compactada, através da *penetração de um asfalto liquidificado* aplicado em sua superfície, objetivando conferir:

- a) uma *certa coesão na parte superior da camada de solo granular*, possibilitando sua aderência com um *Revestimento Asfáltico*, quando funcionar como *Base*;
- b) um *certo grau de impermeabilidade* que, aliado com a coesão propiciada, possibilita a circulação dos veículos da obra, ou mesmo do tráfego existente, sob a ação das intempéries, sem danos significativos na *Camada Imprimada*, num intervalo de tempo compatível com as características locais (caso da *Base* e da *Sub-Base*);
- c) garantir a *necessária aderência da Base Granular* com um Revestimento tipo *Mistura Asfáltica*, desde que a *Imprimação* ainda mantenha um *nítido poder ligante*; se a *Imprimação* já estiver “*cega*”, dever-se-á proceder sobre ela uma *Pintura de Ligação*.

3. MATERIAIS ASFÁLTICOS

3.1 O Ligante Asfáltico indicado, de um modo geral, para a *Imprimação* é o *Asfalto Diluído tipo CM-30*, admitindo-se o tipo *CM-70* somente em camadas granulares de alta permeabilidade, com consentimento por escrito da *Fiscalização*, independentemente do sugerido no Projeto.

3.2 A Taxa do Asfalto Diluído, em kg/m^2 (quilograma por metro quadrado), deverá estar compreendida no intervalo 0,7 a $1,6 \text{ kg/m}^2$ (sete décimos a dezesseis décimos de quilograma por metro quadrado), devendo ser determinada experimentalmente no canteiro da obra, levando-se em conta que a *taxa ideal* é a máxima que pode ser absorvida em 24 h (vinte e quatro horas) sem deixar excesso na superfície.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização, devendo estar de acordo com esta Especificação, *sem o que não será dada a ordem para o início do serviço.*

4.2 Para a varredura da superfície da base, usam-se, de preferência, vassouras mecânicas rotativas, podendo, entretanto, ser manual esta operação. O jato de ar comprimido poderá, também, ser usado.

4.3 A distribuição do ligante deve ser feita por carros equipados com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento, que permitam a aplicação do asfalto diluído em quantidade uniforme. No caso do AD-CM-30 é dispensado o sistema de aquecimento.

4.4 As barras de distribuição devem ser do tipo de circulação plena, com dispositivo que possibilite ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante.

4.5 Os carros distribuidores devem dispor de tacômetro, calibradores e termômetros, em locais de fácil observação e, ainda, de um espargidor manual, para tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas.

4.6 O depósito de ligante asfáltico, quando necessário, deve ser equipado com dispositivo que permita o aquecimento adequado e uniforme do conteúdo do recipiente. O depósito deve ter uma capacidade tal que possa armazenar a quantidade de material asfáltico a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.

5. EXECUÇÃO

5.1 Após a perfeita conformação geométrica da camada granular, procede-se a varredura da superfície, de modo a eliminar o pó e o material solto existentes.

5.2 Aplica-se, a seguir, o ligante asfáltico adequado, na temperatura compatível com o seu tipo, na quantidade certa e de maneira mais uniforme. O ligante asfáltico não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente estiver abaixo de 10°C, ou em dias de chuva, ou, quando esta estiver eminente. A temperatura de aplicação do ligante asfáltico deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. Deve ser escolhida a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento. *As faixas de viscosidade recomendadas para espalhamento são de 20 a 60 segundos, saybolt-furol para asfaltos diluídos.*

5.3 Deve-se imprimir a pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível, fechada ao trânsito. Quando isto não for possível, trabalhar-se-á em meia pista, fazendo-se a imprimação da adjacente, assim que à primeira for permitida a sua abertura ao trânsito. O tempo de exposição da base imprimada ao trânsito será condicionado pelo comportamento da primeira, não devendo ultrapassar a 30 dias.

5.4 A fim de evitar a superposição, ou excesso, nos pontos inicial e final das aplicações, devem-se colocar faixas de papel transversalmente, na pista, de modo que o início e o término da aplicação do material asfáltico situem-se sobre essas faixas, as quais serão, a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do ligante asfáltico deve ser imediatamente corrigida. Na ocasião da aplicação do ligante asfáltico a camada granular deve, de preferência, se encontrar levemente úmida.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais Asfálticos

6.1.1 Asfaltos Diluídos

- a) *A condição essencial é que os Asfaltos Diluídos (AD) empregado na Imprimação tenha características satisfazendo às Especificações em vigor na AGETOP.*

- b) O AD poderá ser descarregado no *canteiro de serviço* se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.
- c) Em todo o carregamento de AD que chegar à obra serão realizados os seguintes ensaios, no *Laboratório de Campo*:
- Viscosidade Saybolt-Furol (Método P-MB-581)
 - Ponto de Fulgor (Método P-MB-889)
- d) O AD será “*aprovado*” (AP) se satisfazer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (c).
- e) Se o AD não for considerado (AP) conforme o item (d), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo:
- x = 15 para a “Viscosidade”
- x = 10 para o “Ponto de Fulgor”
- então, o AD será “*aprovado sob reserva*” (APSR). Em caso contrário o AD será considerado “*não aprovado*” (NAP).
- f) Se o AD for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se o AD for (NAP) - “*não aprovado*” o carregamento correspondente *deve ser rejeitado, sendo terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- g) Periodicamente, no máximo de 10 em 10 carregamentos, será tomada uma amostra de AD e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP* onde serão executados os Ensaio previstos na respectiva Especificação julgados

pertinentes.

- h) Será *suspensa o fornecimento do Asfalto Diluído*, quando:
- ocorrerem mais de 3 carregamentos sucessivos (APSR);
 - número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências totais (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 17$;
 - *Laboratório Central do AGETOP* assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.
- i) O fornecimento de Asfalto Diluído só será restabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

6.2. Execução

- a) *A condição essencial é* que o serviço seja executado de modo a obedecer à taxa de Asfalto Diluído aprovada pela Fiscalização e as demais prescrições desta Especificação e do Projeto.
- b) Nos 3 primeiros carregamentos será traçada a *Curva “Viscosidade x Temperatura”* com 2 pontos (25 e 50°C) e determinada a *faixa de temperatura de espalhamento* do AD. De 10 em 10 carregamentos será verificada a Curva Original.
- c) Deverá haver permanentemente um “Fiscal de Pista” que controle as temperaturas do AP, o equipamento e a execução.
- d) O controle da taxa de ligante será feito colocando-se uma “*bandeja*” preparada da seguinte forma: uma folha de papelão com aproximadamente 0,50m x 0,50m com sua superfície completamente recoberta com algodão, colado na mesma e capaz de absorver integralmente todo o ligante proveniente do banho do Cami-

nhão distribuidor. A taxa de ligante será determinada através da diferença de peso da “bandeja” antes e depois da passagem do Caminhão distribuidor, dividida pela área da mesma. Cada “bandeja” só será utilizada uma vez. Será feita uma determinação a cada 100m (cem metros), correspondente ao eixo longitudinal do Caminhão.

- e) Os resultados das *taxas de ligante* serão analisados estatisticamente para fins de aceitação, do seguinte modo:

$N \geq 9$ (número de determinações)

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68 \text{ s}$$

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68 \text{ s} \quad \text{valores limitados para aceitação.}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} \text{ (média aritmetica)}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \text{ (desvio padrão)}$$

O serviço de Imprimação só será considerado “*aprovado*” (AP) se:

$$X_{\text{máx}} \leq 1,20T \text{ sendo T a taxa preconizada (em kg/m}^2\text{)}$$

$$X_{\text{mín}} \geq 0,80T$$

e também se o serviço tiver a aprovação da *inspeção visual da Fiscalização*, que deverá observar principalmente: a qualidade da varredura, a uniformidade de distribuição transversal do ligante e a penetração do ligante na base.

Se houver a aprovação da Fiscalização por *inspeção visual*, o serviço de Imprimação será considerado “*aprovado sob reserva*” (APSR).

se:

$$X_{\text{máx}} \leq 1,30T$$

$$X_{\text{mín}} \geq 0,70T$$

Em caso contrário, o serviço é considerado “não aprovado” (NAP).

- f) Os serviços (AP) e (APSR) *serão aceitos* e os serviços (NAP) *não serão aceitos*, cabendo a Fiscalização indicar a solução (desde o lançamento de areia e a passagem de rolos nas horas mais quentes do dia - até o *arrancamento da Imprimação, a restauração da Base e a execução de uma nova Imprimação*).

Entretanto, se houver mais de 3 (APSR) consecutivos ou se o número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências totais (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 17$, a partir daí, só serão aceitos os serviços (AP).

6.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciados os serviços de Imprimação será desenhado um gráfico, onde em *abcissas* constará o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* a taxa de ligante asfáltico encontrada, que deve o mais possível corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou a quilometragem).
- b) A “Fiscalização” elaborará *Relatórios Mensais* obrigatoriamente assinados e rubricados pela Construtora, contendo o gráfico citado em (a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a “qualidade da obra”. Esses “Relatórios Mensais” deverão ser arquivados em 2 vias: uma no “Laboratório Central” e a outra na “Diretoria de Obras da AGETOP”.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Evitar a instalação, de depósitos de ligante betuminoso, próxima a curso d'água.
- b) A área dos depósitos deverá contar com uma canalização (valeta) que capte qualquer derrame acidental em uma caixa, para sua posterior retirada, evitando contaminação dos solos e das águas.
- c) Impedir o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas lindeiras adjacentes, ou qualquer outro lugar causador de prejuízo ambiental.
- d) Na desmobilização desta atividade, remover os depósitos de ligante e efetuar a limpeza do local, recompondo a área afetada pelas atividades da construção.

Quanto a execução cabe lembrar que não deve ser permitida a descarga do espargidor, mesmo para teste sobre o solo ou nas proximidades de cursos d'água. Para executar os eventuais testes com o objetivo de verificar se existe falha de bico, deve ser providenciado um coletor apropriado que evite o derrame sobre o solo.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Imprimação será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Um *Revestimento Asfáltico* sempre deve ser colocado sobre uma *superfície asfáltica* para permitir a *necessária colagem*.

1.2 No caso de *Base Granular (sem ou com pequena coesão)*, essa superfície é obtida pela *Imprimação*. Se, por qualquer motivo, essa *Imprimação* se apresenta *sem nítido poder ligante* (avaliada pelo tato), ou como se diz - *está cega*, faz-se necessário executar uma *Pintura de Ligação* sobre essa *Imprimação*, com a *função precípua de colar a Base* com o *Revestimento Asfáltico*. A diferença fundamental entre uma *Imprimação* e uma *Pintura de Ligação* é que na primeira o *asfalto tem que penetrar* e na segunda *não deve penetrar* na Base.

1.3 Nas *Bases Coesivas Não Asfálticas* (Solo-Cimento, Concreto Magro, etc.) a *Pintura de Ligação* fornece a *superfície asfáltica* para receber o *Revestimento Asfáltico*, propiciando a *aderência* entre a *Base* e o *Revestimento*. É óbvio que não se *Imprima* uma *Base Coesiva*.

1.4 Uma *Mistura Asfáltica a Quente* colocada sobre uma também *Camada Asfáltica* (Uma Base de “Solo-Asfalto”, um “Binder” de “Concreto Asfáltico”, etc.) *poderia prescindir* de uma *Pintura de Ligação*, pois o calor da Camada Superior *amolecerá o asfalto* da Camada Subjacente, e na compactação da Camada Superior *se obterá a necessária colagem*. Essa *teoria* de alguns Engenheiros de Pavimentação não tem sido sancionada *pela prática*, tornando-se perigosa para delgadas (h £ 5 cm) Camadas Superiores. Atualmente, *considera-se obrigatória a Pintura de Ligação* entre duas camadas asfálticas, independente de sua espessura. Assim, deve-se proceder a *Pintura de Ligação* entre um *Binder* e a *Capa*, entre uma *Base* de PMF (ou de PMQ) e o *Binder*, etc.

1.5 Somente os *Revestimentos Asfálticos por Penetração*, ou seja, os *Tratamentos Superficiais* e os *Macadames Asfálticos* é que podem ser executados diretamente sobre uma *superfície asfáltica* sem necessidade de uma *Pintura de Ligação*, mesmo que se trate de uma *Imprimação* já “*cega*”.

1.6 A *Pintura de Ligação* deve consistir em uma *película muito fina de Cimento Asfáltico*, da ordem de 0,3mm (três décimos de milímetros), espalhada uniformemente em toda superfície a pintar. É óbvio que praticamente não se pode conseguir uma razoável uniforme distribuição com um *ligante asfáltico* muito viscoso, como o *Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)*. Uma *película espessa* de asfalto pode provocar o *deslizamento da camada superior sobre a inferior*, efeito contrário ao desejado. A *taxa de asfalto* é pois aproximadamente igual a 0,3 l/m² (praticamente 0,3 kg/m²), para conduzir a uma espessura de aproximadamente 0,3mm. Como para se conseguir um espalhamento razoavelmente uniforme com um caminhão distribuidor de ligante é necessário uma taxa mínima da ordem de 0,8 a 1,0 l/m², o *ligante ideal* é uma Emulsão Asfáltica de Ruptura Rápida bem pouco viscosa, diluída em água, de modo a poder ter uma espessura de CAP da ordem de 0,3 mm.

1.7 A *Pintura de Ligação*, embora encarada como uma operação simples, é de grande importância para a performance do *Revestimento Asfáltico*. Sua má execução tem provocado o *deslizamento* de Revestimentos Asfálticos delgados ($h \leq 5\text{cm}$). Os *Revestimentos de Areia Asfalto a Quente* são particularmente muito sensíveis à qualidade da *Pintura de Ligação*.

1.8 Uma *Pintura de Ligação* deve ser feita com uma *Emulsão Asfáltica RR-1C*, diluída com água na proporção de 1:1, e numa taxa aproximada de 1,0kg/m² (praticamente 1,0 l/m²) de diluído. Admitindo-se 60% em peso, de CAP na EA-RR-1C, tem-se: 1,0kg/m² de diluído = 0,5kg/m² de RR-1C = 0,3 kg/m² de CAP, o que conduz a *uma espessura da ordem de 0,3mm de CAP*.

1.9 Deve ser *terminantemente proibido* o emprego do chamado “*fio de ovos*” na *Pintura de Ligação*, que consiste no lançamento descontínuo de um CAP mais mole (150/200 ou no máximo um 85/100) sobre a superfície a pintar, formando uma grande rede de “*fios de CAP*”, chamados de “*fios de ovos*”; a maior parte da superfície não é coberta com asfalto.

1.10 Obviamente, não se deve deixar “*Cegar*” a *Pintura de Ligação* (Pó, trânsito de veículos, etc.). Quando isso acontecer, deve-se fazer uma nova *Pintura de Ligação* sobre a primitiva.

2. DEFINIÇÃO

PINTURA DE LIGAÇÃO é a operação que consiste na aplicação de um ligante asfáltico sobre a superfície:

- a) de uma *camada granular imprimada*, ou
- b) de uma *camada coesiva não asfáltica* (solo-cimento, concreto magro, solo-cal, etc.), ou
- c) de uma *camada asfáltica* (solo-asfalto, concreto asfáltico, pré-misturados a quente ou a frio, areia-asfalto, etc.) nova ou antiga, que vai sobre ela receber uma outra *camada asfáltica*, com a *finalidade precípua de promover a aderência* entre uma dessas camadas com a camada sobrejacente.

3. MATERIAL ASFÁLTICO

3.1 O Ligante Asfáltico indicado, de um modo geral, para a Pintura de Ligação é a *Emulsão Asfáltica de Ruptura Rápida, tipo RR-1C* diluída com água na proporção de 1:1.

3.2 A Taxa de *EA-RR-1C diluída* deverá ser tal, que conduza a uma espessura de asfalto da ordem de 3mm (três milímetros), sendo pois da ordem de 1,0 kg/m². A *taxa ideal* deverá ser determinada experimentalmente no local do serviço, *em função da natureza e do estado da superfície a pintar*.

3.3 É claro que se pode empregar também a *Emulsão Asfáltica de Ruptura Rápida tipo RR-2C*, um pouco mais viscosa que a RR-1C, podendo-se então aumentar a proporção da água de diluição. Na impossibilidade da obtenção dessas Emulsões, pode-se usar *Asfaltos Diluídos tipos CR-800 ou CM-800*, com consentimento da Fiscalização, sempre numa taxa tal, de modo a manter a película de asfalto residual em torno dos 3mm. Em hipótese alguma, será aceito o emprego do Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP.

4. EQUIPAMENTO

4.1 Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização, devendo estar de acordo com esta Especificação, *sem o que não será dada a ordem para o início do serviço.*

4.2 Para a varredura da superfície da base, usam-se, de preferência, vassouras mecânicas rotativas, podendo, entretanto, ser manual esta operação. O jato de ar comprimido poderá, também, ser usado.

4.3 A distribuição do ligante deve ser feita por carros equipados com bomba reguladora de pressão e sistema completo de equipamento, que permitam a aplicação do ligante asfáltico em quantidade uniforme. No caso da Emulsão Asfáltica é dispensado o sistema de aquecimento.

4.4 As barras de distribuição devem ser do tipo circulação plena, com dispositivo que possibilite ajustamentos verticais e larguras variáveis de espalhamento do ligante.

4.5 Os carros distribuidores devem dispor de tacômetro, calibradores e termômetros, em locais de fácil observação e, ainda, de um espargidor manual, para tratamento de pequenas superfícies e correções localizadas.

4.6 O depósito de ligante asfáltico, quando necessário, deve ser equipado com dispositivo que permita o aquecimento adequado e uniforme do conteúdo do recipiente. O depósito deve ter uma capacidade tal que possa armazenar a quantidade de material betuminoso a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.

5. EXECUÇÃO

5.1 Após a perfeita conformação geométrica da camada granular, procede-se a varredura da superfície, de modo a eliminar o pó e o material solto existente.

5.2 Aplica-se, a seguir, o ligante asfáltico adequado, na temperatura compatível com o

seu tipo, na quantidade certa e de maneira mais uniforme. O ligante asfáltico não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente estiver abaixo de 10°C, ou em dias de chuva, ou, quando esta estiver eminente. A temperatura de aplicação do ligante asfáltico deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. Deve ser escolhida a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento. *As faixas de viscosidade recomendadas para espalhamento são de 20 a 60 segundos, Saybolt-Furol para asfaltos diluídos.*

5.3 Deve-se pintar a pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixá-la fechada ao trânsito. Quando isto não for possível, trabalhar-se-á em meia pista, fazendo-se a pintura da adjacente, quando a primeira meia-pista for aberta ao trânsito. Logo que possível dever-se-á executar a camada asfáltica sobre a superfície pintada; não se deve deixar a pintura *cegar*.

5.4 A fim de evitar a superposição, ou excesso, nos pontos inicial e final das aplicações, devem-se colocar faixas e papel transversalmente, na pista, de modo que o início e o término da aplicação do material betuminoso situem-se sobre essas faixas, as quais são, a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do ligante asfáltico deve ser imediatamente corrigida.

5.5 A uniformidade depende do equipamento empregado na distribuição. Ao se iniciar o serviço, deve ser realizada uma descarga de 15 a 30 segundos, para que se possa controlar a uniformidade de distribuição. Esta descarga pode ser feita fora da pista, ou na própria pista, quando o carro distribuidor estiver dotado de uma calha colocada abaixo da barra distribuidora, para recolher o ligante betuminoso.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais Asfálticos

A condição essencial é que os materiais asfálticos empregados na Pintura de Ligação tenham características satisfazendo às Especificações em vigor na AGETOP.

6.1.1 Asfaltos Diluídos

Os Asfaltos Diluídos serão controlados exatamente como no item 6 - CONTROLE TECNOLÓGICO da Especificação AGETOP-ES-P 07/01 - IMPRIMAÇÃO.

6.1.2 Emulsões Asfálticas

- a) Uma emulsão asfáltica *só poderá ser descarregada no canteiro de serviço se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.*
- b) Em todo o *carregamento de emulsão* que chegar à obra serão realizados os seguintes ensaios, no *Laboratório de Campo*:
 - Viscosidade Saybolt-Furol (Método P-MB-581)
 - Peneiração (P-MB-609)
 - Carga de Partícula (P-MB-563)
 - % de CAP Residual (Método Expedito - “Coloca-se cerca de 200g de emulsão num recipiente o mais leve possível, pesado a 0,1g sem e com a amostra que é levada ao fogo direto até constância de peso; por diferença de peso calcula-se a % de CAP residual em relação ao peso da amostra”).
- c) A emulsão será “*aprovada*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).
- d) Se a emulsão não for considerada (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo:

x = 15 para a “Viscosidade”

x = 20 para a “Peneiração”

x = 3 para a “% de CAP Residual” (só para abaixo do mínimo)

Não havendo tolerância para a “Carga de partícula” (“positiva”), então a emulsão será “*aprovada sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerada “*não aprovada*” (NAP).

- e) Se a emulsão for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se a emulsão for (NAP) - “*não aprovada*” o carregamento correspondente *deve ser rejeitado*, sendo *terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- f) Se a emulsão de um carregamento for considerado (NAP), deve-se “circular” a emulsão no caminhão e, em seguida, repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 10 em 10 carregamentos, será tomada uma amostra da emulsão e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP* onde serão executados os Ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será *suspenso o fornecimento da emulsão asfáltica*, quando:
- ocorrer mais de 3 carregamentos sucessivos (APSR);
 - número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar a 30% do número n2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n \geq 17$;
 - *Laboratório Central da AGETOP* assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.
- i) O fornecimento da emulsão asfáltica só será restabelecido com *autorização por*

escrito do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

6.2. Execução

- a) *A condição essencial* é que o serviço seja executado de modo a obedecer à taxa de ligante aprovada pela Fiscalização e a demais prescrições dessa Especificação.
- b) Nos 3 primeiros carregamentos será traçada a *Curva Viscosidade x Temperatura* com 2 pontos (25°C e 50°C) quando se tratar de um Asfalto Diluído (AD), sendo desnecessária para o caso das Emulsões Asfálticas (EA), e determinada a *faixa de temperatura de espalhamento* (correspondente a 20 - 60 s SF). De 10 em 10 carregamentos será verificada a curva original.
- c) Deverá haver permanentemente um “Fiscal de Pista” que controle as temperaturas de espalhamento do AD (não necessário para a EA) e todos os demais detalhes de execução dos equipamentos.
- d) O controle da taxa de ligante será feito colocando-se uma “*bandeja*” preparada da seguinte forma: uma folha de papelão com aproximadamente 0,50m x 0,50m com sua superfície completamente recoberta com algodão, colado na mesma, e capaz de absorver integralmente todo o ligante proveniente do banho do Caminhão distribuidor. A taxa de ligante será determinada através da diferença de peso da “*bandeja*”, antes e depois da passagem do Caminhão distribuidor, dividida pela área da mesma. Cada “*bandeja*” só será utilizada uma vez. Será feita uma determinação a cada 100m (cem metros), correspondente ao eixo longitudinal do Caminhão. No caso de Emulsão Asfáltica, a taxa de aplicação da mesma será determinada levando em conta a *água de diluição*.
- e) Os resultados das *taxas de ligante* serão analisados estatisticamente para fins de aceitação, do seguinte modo:

$N \geq 9$ (número de determinações)

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s$$

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s \quad \text{valores limites para aceitação}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} \quad (\text{média aritmética})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (\text{desvio padrão})$$

O serviço de Pintura de Ligação será considerado aprovado (AP) se:

$$X_{\text{máx}} \leq 1,25T \text{ sendo } T \text{ a taxa preconizada em (kg/m}^2\text{)}$$

$$X_{\text{mín}} \geq 0,75T$$

e também se o serviço tiver a aprovação da *inspeção visual da Fiscalização*, que deverá observar, principalmente, a uniformidade de distribuição transversal do ligante.

Se houver a aprovação da Fiscalização por *Inspeção visual*, o serviço de Pintura de Ligação será considerado “*aprovado sob reserva*” (APSR)

se:

$$X_{\text{máx}} \leq 1,35T$$

$$X_{\text{mín}} \geq 0,70T$$

Em caso contrário, o serviço é considerado “não aprovado” (NAP).

- f) Os serviços (AP) e (APSR) *serão aceitos* e os serviços (NAP) *não serão aceitos*, cabendo a Fiscalização indicar a solução.

Entretanto, se houver mais de 3 (APSR) ou se o número n de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências totais (AP + APSR) sendo obrigatoriamente $n2 \geq 17$, a partir daí só serão aceitos os serviços (AP).

6.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciados os serviços de Pintura de Ligação será desenhado um gráfico onde em *abcissas* constará o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* a taxa de ligante (AD ou EA sem diluição) encontrada.
- b) A “Fiscalização” elaborará *Relatórios Mensais* obrigatoriamente assinados e rubricados pela Construtora, contendo o gráfico citado em (a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados com a “qualidade da obra”. Esses *Relatórios Mensais* deverão ser arquivados em 2 vias: uma no *Laboratório Central* e a outra na *Diretoria de Obras* da AGETOP.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Evitar a instalação, de depósitos de ligante betuminoso, próxima a curso d’água.
- b) A área dos depósitos deverá contar com uma canalização (valeta) que capte qualquer derrame acidental em uma caixa, para sua posterior retirada, evitando contaminação dos solos e das águas
- c) Impedir o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas limdeiras adjacentes, ou qualquer outro lugar causador de prejuízo ambiental.
- d) Na desmobilização desta atividade, remover os depósitos de ligante e efetuar a limpeza do local, recompondo a área afetada pelas atividades da construção.

Quanto a execução cabe lembrar que não deve ser permitida a descarga do espargidor, mesmo para teste sobre o solo ou nas proximidades de cursos d'água. Para executar os eventuais testes com o objetivo de verificar se existe falha de bico, deve ser providenciado um coletor apropriado que evite o derrame sobre o solo.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Uma Pintura de Ligação será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Uma Base imprimada (ou com pintura de ligação) entregue ao tráfego vai durar muito pouco tempo, *de alguns dias a poucos meses*, dependendo da intensidade do tráfego (número e peso dos diversos eixos dos veículos) e das intempéries. *Faz-se necessário proteger a Base com um Revestimento.*

1.2 Dando-se sobre a superfície imprimada (ou pintada) um banho uniforme de asfalto (fluido), sobre ele espalhando-se uma camada uniforme de agregado (cujas partículas sejam aproximadamente do mesmo tamanho) e comprimindo-se essa camada com rolos apropriados obtém-se, quando o asfalto endurecer - o mais simples dos Revestimentos Asfálticos - o chamado *Tratamento Superficial Simples (TSS).*

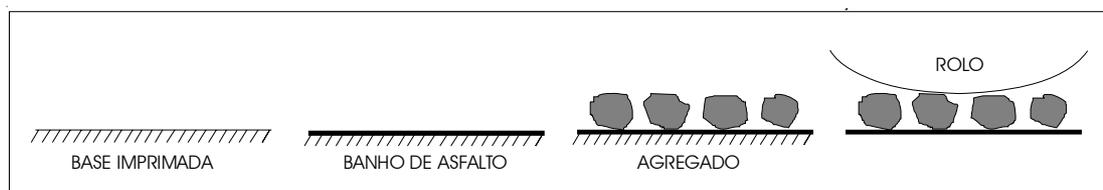


Figura 1

1.3 O TSS embora modesto, quando *bem feito* pode suportar um tráfego de leve a pesado durante vários anos, superando as mais otimistas previsões.

1.4 Entretanto, o *milagre do TSS* só acontece quando se realiza plenamente a *condição de bem feito*. Essa condição na realidade envolve muitos fatores, que podem ser relacionados com:

- a) a Base imprimada ou pintada;
- b) os Materiais - Asfalto e Agregado;
- c) os Equipamentos;
- d) os Procedimentos Executivos.

1.5 A Base deve apresentar a necessária resistência à penetração das partículas de agregado, e uma superfície asfáltica (imprimada ou com pintura de ligação) sem

falhas e bem limpa.

1.6 *O Asfalto deve:* - poder assumir a faixa de baixa viscosidade (20 a 60 seg. SF) a fim de permitir um espargimento uniforme, sem ultrapassar a temperatura de 177°C (máxima permitível para evitar a *oxidação* do asfalto) - poder manter uma viscosidade baixa após o espargimento compatível com o tempo necessário ao espalhamento e à compressão do agregado - desenvolver uma boa adesividade com o agregado proporcionando uma boa aderência com o mesmo (*adesividade ativa*) - apresentar na temperatura crítica de 60°C (convencionada internacionalmente como a maior verificada nos Revestimentos Asfálticos) *uma viscosidade a maior possível*, para evitar o deslocamento do agregado pelo tráfego, e dificultar o *deslocamento do asfalto do agregado pela ação da água e do tráfego (adesividade passiva)* - apresentar durabilidade, ou seja, *resistência ao envelhecimento* (perda de voláteis, oxidação, etc.), mantendo suas propriedades ligantes pelo menos durante a vida de projeto.

1.7 *O Agregado deve:* - estar limpo (*sem pó, cuja presença impede a aderência com o asfalto*) e sem contaminação (torrões de argila, partículas moles, matéria orgânica, etc.) - apresentar *boa adesividade* (que é uma propriedade do par *asfalto / agregado*) - apresentar boa resistência ao *esmagamento, ao choque, ao desgaste e ao polimento* (é um desgaste por igual, que diminui a aderência com os pneus) - apresentar *granulometria uniforme* (o ideal seria o agregado com um só diâmetro) - apresentar *boa forma* (a ideal é a chamada forma cúbica) - apresentar boa textura (*suficientemente rugosa* para facilitar a aderência com o asfalto e com os pneus) e baixa porosidade (*pequena absorção de asfalto*) - apresentar boa durabilidade, isto é não apresentar alterações mineralógicas com o tempo (que podem ocorrer em vários agregados, principalmente os constituídos de basalto e diabásio).

1.8 *O Equipamento Básico* para a execução de um Tratamento Superficial é constituído por:

- a) *Espagidor de Ligante Asfáltico* - Trata-se de um caminhão-tanque equipado com barra distribuidora de alimentação plena, de altura regulável, dotada de bicos espargidores capazes de promover a espersão em leques angulares e válvulas de alimentação. O caminhão deve ser ainda equipado com sistema autônomo de

aquecimento e de circulação do ligante, isolamento térmico, bomba de pressão regulável, controle de velocidade (tacômetro ou “quinta roda”), calibradores, termômetros apropriados, espargidor de operação manual (“caneta”) e suspensão adequadamente rígida.

O espargidor de ligantes deverá, quando em operação, garantir espersões de vazão uniforme e constante através de todos os bicos. *De forma a garantir o sucesso desta operação, deverão ser previamente reguladas:*

- a largura de espargimento;
- a velocidade de deslocamento do caminhão;
- a altura da barra de distribuição;
- a pressão de espargimento;
- a esconsidade (ângulo) dos bicos espargidores;
- a limpeza da barra distribuidora e dos bicos, e
- a uniformidade dos espalhamentos longitudinal e transversal.

b) *Distribuidor de Agregados* - Deve ser capaz de espalhar o material na taxa exata, com uniformidade total nos sentidos longitudinal e transversal, sem patinar sobre o agregado recém-distribuído. Existem três modalidades principais desse equipamento:

- *Acoplável ao Caminhão:*
são montados na traseira do caminhão que se desloca marcha-a-ré; apresentam altura de queda dos agregados exageradamente elevada.
- *Rebocável pelo Caminhão (“Spreader”):*
são montados sobre rodas pneumáticas, tem comprimento de 2,5 a 4,0m e são empurrados pelo caminhão que se desloca marcha-a-ré; alguns tipos são dotados de parafuso sem fim para a distribuição homogênea dos agregados.
- *Autopropulsores:*
são equipamentos aprimorados, de alto rendimento, de boa manobrabilidade, apresentando altura de queda dos agregados reduzida e conveniente; são eles que

rebocam o caminhão de abastecimento de agregados.

- c) *Rolos Compressores* - Os mais utilizados são os de pneus e os lisos de cilindro de aço (tipo “tandem”); às vezes, os dois tipos se complementam perfeitamente bem em uma obra.

Os rolos pneumáticos autopropulsores devem ser dotados de pneus que permitam calibragem variável (até 120 lb/pol² = 8,4 kgf/cm²) e os rolos tipo “tandem”, uma carga por centímetro de largura da roda suficientemente alta para promover a devida compressão e suficientemente baixa para não proporcionar o fraturamento / esmagamento do agregado; sugere-se a atuação de rolos com carga compreendida entre 25 e 45 kgf/cm.

Os rolos de pneus devem trabalhar com pressões de enchimento bastante elevadas e com velocidades limitadas:

- primeiras passadas: 2 a 3 km/h
- passadas restantes: 8 a 10 km/h.
- de forma a permitir a perfeita integração agregado - ligante - camada subjacente.

d) *Vassouras Mecânicas* - São rotativas, rebocáveis, com hastes metálicas, de náilon ou de piaçava grossa; sua velocidade de rotação deve ser regulável e, de preferência, *independente da velocidade de translação do veículo - trator.*

São considerados *equipamentos complementares* aqueles de pequeno porte, tais como rastelos, pás, regadores, carrinhos-de-mão, etc.

1.9 Os *Procedimentos Executivos* para o TSS são basicamente artesanais, resultando numa operação extremamente delicada, exigindo pessoal muito bem treinado: *condutor do espargidor de asfalto, condutor do distribuidor de agregado e condutor dos rolos compressores - Coordenados por um ótimo encarregado de campo, sob a supervisão constante de um experimentado engenheiro de campo.* É um erro supor que a execução de Tratamentos Superficiais possa ser entregue a Empresas Construtoras *menos qualificadas* (no sentido de menor organização, pessoal menos habilitado, etc.).

1.10 O TSS pode também ser utilizado sobre Revestimentos Asfálticos antigos, como *rejuvenecedor, impermeabilizantes, etc.*, nesse último caso sendo às vezes chamado de *Capa Selante*.

1.11 O agregado, que deve ser teoricamente *monogranular*, deve na prática seguir a regra $d \geq n D$, isto é passando 100% na peneira de malha D e 0% (zero por cento) na peneira de malha d, sendo $n = 0,6$. Pode-se assim compor *classes granulométricas*, não se devendo ter, entretanto: $D > 1 \frac{1}{4}$ " (31,8mm) e $d < \frac{3}{16}$ " (4,8mm). A título de orientação, sugere-se as seguintes classes granulométricas:

Classe I: $\frac{3}{4}$ " - $\frac{5}{8}$ " - (19 - 16mm)

Classe II: $\frac{5}{8}$ " - $\frac{3}{8}$ " - (16 - 10mm)

Classe III: $\frac{3}{8}$ " - $\frac{1}{4}$ " - (10 - 6,3mm)

1.12 A *não uniformidade* da granulometria tende a provocar uma imprópria *integração ligante / partículas*, desde que há uma tendência das partículas mais finas caírem sobre o banho de ligante antes das partículas mais grossas, dificultando a fixação dessas últimas, e a criar uma *sobrepessão* nas partículas maiores possibilitando o chamado *agulhamento* (penetração das partículas de agregado na Base, *ferindo* a imprimação). Por outro lado, a *forma lamelar* tende a provocar a superposição das partículas de agregado, sendo as superiores facilmente arrancadas pelos pneus dos veículos.

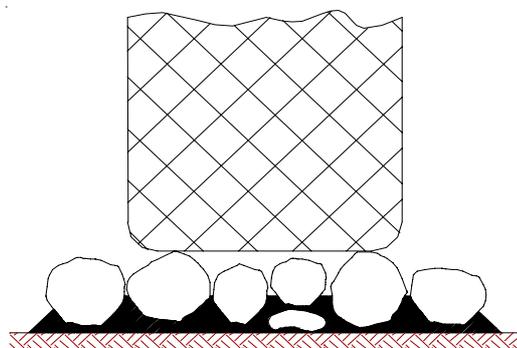
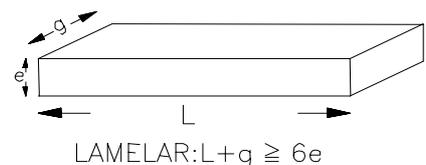


Fig. 2

AGREGADO DESUNIFORME } AUMENTO DA PRESSÃO "AGULHAMENTO" DA BASE

AGREGADO LAMELAR } SUPERPOSIÇÃO DE PARTÍCULAS ARRANCAMENTO PELO TRÁFEGO



1.15 O *ligante asfáltico* deve ser espargido numa temperatura tal que sua viscosidade esteja compreendida entre 20 e 60 segundos SF (Saybolt-Furol), e aumentar a viscosidade de espargimento de uma menor quantidade possível no intervalo de tempo entre esse espargimento e o espalhamento do agregado (que deve ser comprimido o mais rápido possível após sua aplicação). Por outro lado, na temperatura crítica de 60°C para o TSS, *quanto maior a viscosidade do ligante, melhor*, pois *asfalto mais mole* significa maior possibilidade de *movimentação dos agregados* pela ação do tráfego. O ideal seria o ligante ter uma viscosidade entre 20 - 60 segundos SF (40 a 120 centipoise) no espargimento e uma viscosidade maior que 3.000 poise a 60°C, quando em serviço no pavimento.

Ora, o CAP-55 (*classificação por viscosidade*), corresponde geralmente ao CAP-30/45 ou ao CAP-50/60 na *classificação por penetração*) apresenta a 60°C uma viscosidade na faixa 3.000 - 8.000 poise, mas *com toda a certeza*, exigirá uma *temperatura bem maior que 177°C* para se situar na viscosidade de 60 segundos SF (120 cp), *não podendo em hipótese alguma ser empregado*. O CAP-20 (CAPs 50/60 ou 85/100) apresenta a 60°C uma viscosidade na faixa de 1.000 a 3.000 poise, e além disso para sua viscosidade se situar em 60 segundos SF necessita uma temperatura maior que 177°C ou perigosamente próxima a 177°C.

O CAP-7 (CAP-150/200) é o único que garante um espargimento abaixo de 177°C, mas apresenta a 60°C uma viscosidade muito pequena (400 a 1.000 poise). *O único CAP indicado para Tratamento Superficial é pois o CAP-7 (CAP-150/200)*.

Pode-se *fluidificar o asfalto* sem aquecê-lo com o extraordinário recurso da *emulsificação*, onde um CAP-50/60 (2.000 - 5.000 poise a 60°C) é emulsificado em água, sem nenhum solvente, usando-se apenas uma pequeníssima quantidade de um *emulsificador catiônico* (é um *dope* de adesividade), obtendo-se uma Emulsão Catiônica de Ruptura Rápida: RR-1C com 62%, e RR-2C com um mínimo de 67% de CAP-50/60 (ou CAP-85/100 que é menos vantajoso, não sendo prática a emulsificação do CAP-30/45).

A *emulsão asfáltica catiônica RR-2C à base de CAP-50/60*, é o ligante ideal para os Tratamentos Superficiais, apresentando *ótima adesividade ativa e passiva* com qualquer tipo de agregado, enquanto o CAP-7 (CAP-150/200) deve ser necessariamente “dopado”, com

pelo menos 0,5% (mínimo para uma boa homogeneização) de um *melhorador de adesividade* (“*dope*”) eficaz, para uso com agregados eletronegativos (granito, diorito, gnaisse, arenito, quartzito, etc.). O RR-2C para se situar na faixa 20 - 60 segundos SF necessita apenas de um ligeiro aquecimento (da ordem de 60°C), sendo o CAP-50/60 emulsificado em temperaturas bem abaixo de 177°C, podendo após o espargimento *esperar muito mais tempo pelo espalhamento do agregado* (a *ruptura* da emulsão - separação da água no asfalto - se dá devida a uma reação com o agregado). Após a *Ruptura Rápida* no contato com o agregado, a água remanescente garante uma *ótima trabalhabilidade na fase de compressão do agregado* (“*Rolagem*”). Só é conveniente a *abertura ao tráfego* após cerca de 48 horas, quando toda a água evaporou e o CAP-50/60 atinge sua *consistência definitiva*. Com o CAP-7 (CAP-150/200) basta esperar que o mesmo volte a temperatura ambiente, exigindo-se o controle de velocidade do tráfego usuário - $V_{\text{máx}} = 40 \text{ km/h}$; é essa a única vantagem, aliás diminuta, que o CAP-7 apresenta sobre o RR-2C.

1.16 Quando o CAP-7 (CAP-150/200) aquecido, digamos a 165°C, sai do bico espargidor e se espalha sobre superfície em tratamento, *sofre um brusco e forte resfriamento*, com o correspondente aumento de viscosidade. Por ocasião da compressão do agregado o CAP já atingiu uma certa viscosidade *que impede seu total aproveitamento*, limitando sua subida entre os vazios do agregado. É como se uma parte do ligante não fosse aproveitado para fixar as partículas.

A emulsão RR-2C, com muito menor viscosidade durante a compressão, *vai ser melhor aproveitada*. Isso explica o fato mostrado pela experiência da taxa de RR-2C ser apenas de 34 a 40% maior que a de CAP-7 (CAP-150/200), quando teoricamente deveria ser maior pois em 100 litros de emulsão tem-se 67 l de CAP, ou seja, de $100/0,67 = 1,49$ (49%).

1.17 Pode-se usar no TSS também os Asfaltos Diluídos (AD) de cura rápida, geralmente o CR-250, o CR-800 e o CR-3000, onde o teor de nafta (gasolina) em volume varia de 35 a 20% respectivamente. As desvantagens dos ADs em Tratamentos Superficiais são tamanhas que atualmente só são utilizados em casos esporádicos, como “*quebra-galho*”. Basta citar:

- a) Perde-se de 20 a 35% de um produto nobre de petróleo;
- b) O solvente (nafta) nunca evapora integralmente de um CR, ficando sempre um pequeno resíduo, que vai tornar o CAP final mais mole que o original (um CAP-85/100 após uma destilação a 360°C vira um CAP-100/120);
- c) O *ponto de fulgor* é da ordem de 27 a 35°C, exigindo precauções contra o perigo de incêndio;
- d) Tem má adesividade com os agregados em geral, e em particular com os eletronegativos (que são os mais usados), exigindo sempre melhoradores de adesividade (“*dopes*”). Nessa especificação não serão indicados os CRs.

1.18 Os ligantes asfálticos indicados para Tratamentos Superficiais passam a ser pois apenas:

CAP-7 (ou o CAP-150/200)

RR-2C (emulsificados com CAP-50/60)

Com todos dois se consegue, quando se trabalha corretamente, ótimos resultados. Numa comparação técnico-econômica, levando em conta: um consumo de 35% a mais de RR-2C, o preço do “Dope”, as vantagens do transporte e da estocagem “a frio” e as facilidades de execução (a emulsão permite o emprego do agregado úmido, além de envolver melhor o agregado que retenha uma pequena quantidade de pó e permitir maior tempo disponível entre o espargimento do ligante e o espalhamento do agregado, mas exige mais tempo para a abertura ao tráfego, etc.), geralmente em mais de 80% dos casos, o RR-2C é o vencedor. Deve-se assinalar que, por razões históricas que remontam a mais de 20 anos, ainda há um injustificável preconceito contra as emulsões asfálticas por parte de alguns engenheiros rodoviários.

1.19 É muito importante que se obtenha uma boa distribuição do agregado e principalmente do ligante (que vai fixar o agregado). Os bicos da barra distribuidora devem estar desobstruídos, e a altura da barra (em relação a superfície tratada) deve ser tal que não haja superposição ou lacuna entre os *banhos* de dois bicos. O vento é prejudicial.

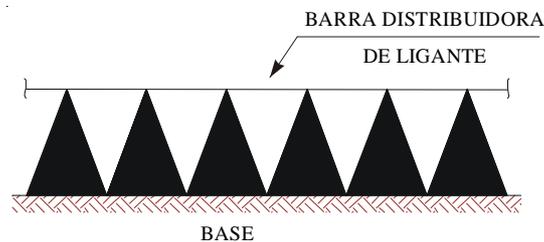


Fig. 4

1.20 A “teoria” da dosagem dos Tratamentos Superficiais Simples foi estabelecida originalmente em 1934 pelo engenheiro neozelandês HANSON, que estabeleceu os seguintes princípios:

- a) O agregado a ser usado deve ser do tipo “uma só dimensão”;
- b) Após seu espalhamento na pista o agregado possui uma porcentagem de vazios da ordem de 50%;
- c) Na *compressão*, os agregados orientam-se apoiando-se em sua “maior dimensão” ficando com a “menor dimensão” na posição vertical, reduzindo-se a porcentagem de vazios para 20% (a espessura da camada após a compressão é igual a média das “menores dimensões” das partículas do agregado);
- d) Para fixar o agregado, os vazios finais (20%) devem ser preenchidos, de 50 a 70% com o ligante asfáltico, devendo o agregado ficar acima do ligante de 2,8 a 4,8mm (3,8mm em média) para se garantir uma *superfície rugosa*.

Com base nos princípios acima e em outras observações paralelas, surgiram vários “métodos de dosagem” para o TSS: Método de Hanson, Método de Lincknheyl, Método de kearley, Método da Califórnia, etc.

Esses Métodos dão valores médios, que devem ser obrigatoriamente checados em “verdadeira grandeza” para se ter em conta: a natureza, a forma e a dimensão dos agregados, e a natureza do ligante.

Com base na teoria de Hanson pode-se estabelecer fórmulas que, com pequenos ajustamentos práticos, dão valores bem aproximados para as taxas de agregado e de ligante asfáltico, para as condições médias usuais. Essas taxas devem sempre serem testadas com experiências em verdadeira grandeza.

1.21 No caso dos agregados, tem-se um “volume espalhado” V_e e um “Volume Efetivo” V_f que é aquele que vai realmente ser fixado pelo ligante asfáltico, na quantidade justa para recobrir a superfície tratada sem falhas e sem superposições. V_e é no máximo igual a $1,1 V_f$.

Tem-se as seguintes fórmulas práticas para as taxas de agregado “a espalhar” T_{ag} , de CAP-7 (CAP-150/200) T_{cap} e de Emulsão Asfáltica RR-2C T_{EA} , em l/m^2 , considerando-se um *melhor aproveitamento* da EA em relação ao CAP de 6% no TSS (para o TSD - Tratamento Superficial Duplo é da ordem de 10%):

$$T_{ag} = K \cdot (D + d)/2 \quad (1) \quad \text{onde:}$$

T_{ag} - taxa, em l/m^2 , do agregado a espalhar

D e d - diâmetro superior e inferior, em mm, da faixa granulométrica

$K = 0,90$ - se $d \geq 5/8"$ (19mm)

$K = 0,93$ - se $5/8" > d \geq 3/8"$ (16mm)

$K = 1,00$ - se $d < 3/8"$

$$T_{cap} = T_{ag}/12 \quad (2) \quad \text{e} \quad T_{EA} = 0,94 \cdot T_{CAP}/0,67 \quad (3)$$

Exemplo:

$$3/4" - 5/8" \quad T_{ag} = 0,90 (19 + 16) / 2 = 15,8 l/m^2$$

$$5/8" - 3/8" \quad T_{ag} = 0,93 (16 + 10) / 2 = 12,1 l/m^2$$

$$3/8'' - 1/4'' \quad T_{ag} = 1,00 (10 + 6,3) / 2 = 8,2 \text{ l/m}^2$$

l/m ²	
T _{CAP}	T _{EA}
1,32	1,85
1,01	1,42
0,68	0,95

Nota: a taxa mínima de ligante asfáltico para ser uniformemente espargido é da ordem de 0,8 l/m² (CAP) e 0,6 l/m² (EA).

A *regra de ouro* para a dosagem do Tratamento Superficial é a seguinte: “o máximo de ligante compatível com os diversos fatores” (a taxa ideal é aquela que provoca uma *exsudação incipiente*), pois é o ligante asfáltico o principal responsável pela vida do Tratamento.

1.22 A taxa de ligante, para uma mesma *classe granulométrica*, sofre variações com os diversos fatores, que podem ser resumidas no Quadro a seguir.

**ORIENTAÇÕES CORRETIVAS
(PARA UMA DADA DIMENSÃO DO AGREGADO)**

CARACTERÍSTICAS	NATUREZA	ORIENTAÇÕES BÁSICAS
Superfície a Tratar	Dura Mole Porosa/Fissurada Exsudada Rugosa Lisa	Aumentar Diminuir Aumentar Diminuir Aumentar Diminuir
Tráfego	Intenso Reduzido Pesado Leve Lento Rápido	Diminuir Aumentar Diminuir Aumentar Diminuir Aumentar
Clima	Quente Frio Pluviosidade Baixa Pluviosidade Elevada	Diminuir Aumentar Diminuir Aumentar
Agregados	Porosidade Elevada Dureza Reduzida Presença de Pó Forma Lamelar	Aumentar Aumentar Aumentar Diminuir
Ligante	Cimento Asfáltico Asfalto Diluído (Residual) Emulsão (Residual)	Manter Diminuir Diminuir
Geometria da Via	Declive Acentuado Aclive Acentuado	Aumentar Diminuir

OBS: as correções devem oscilar no máximo entre $\pm 20\%$ e as características devem ser consideradas obrigatoriamente em conjunto.

1.23 Um interessante gráfico indicativo das taxas de agregado e de CAP é o da *Shell inglesa* (“Shell Bitumen Review n.º 5”) reproduzido na figura 5, onde leva-se em conta os fatores de: Tráfego, Estado da Superfície, Forma do Agregado, Clima; através do fator $f = \sum f_i$, que deve se limitar aos valores entre (-6) e (+8).

VMD	Comerc.	f _i	Superfície	f _i	Forma	f _i	Clima	f _i
0	15	+2	Muito aberta	+4			Úmido - frio	+2
15	45	+1	Aberta	+2	Redonda	+2	Úmido	+1
45	150	0	Média	0	Cúbica	0	Temperado	0
150	450	-2	Pouco exsudada	-1	Lamelar	-2	Seco	-1
450	1500	-4	Muito exsudada	-3			Seco-quente	-2
1500	4500	-6						

Exemplos:

1) 450 - 1500 (-4) Média (0) Lamelar (-2) Seco-Quente (-2)

$$\sum f_i = -4 + 0 - 2 - 2 = -8 \longrightarrow f = -6$$

2) 150 - 450 (-2) Muito Aberta (+4) Redonda (+2) Seco-Quente (-2)

$$\sum f_i = -2 + 4 + 2 - 2 = 2 \longrightarrow f = +2$$

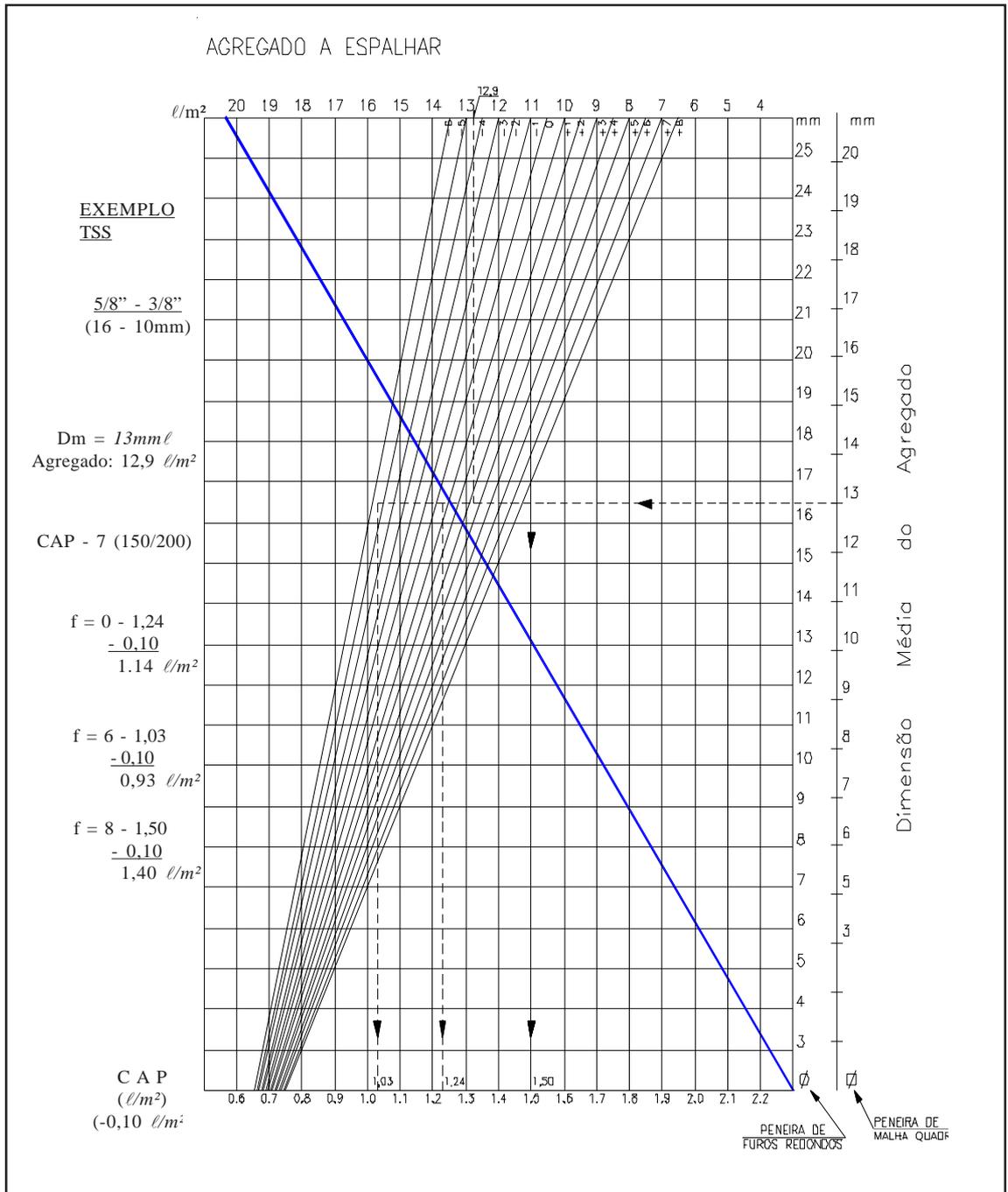


Fig. 5 - Ábaco para Tratamento Superficial

O ábaco da figura 5 dá taxa de ligante para asfalto diluído (AD). Para se obter a taxa de CAP-7 deve-se subtrair do resultado encontrado o valor 0,1 l/m². Para a taxa de RR-2C emprega-se a fórmula (3) do item 1.21.

1.24 Dá-se, de acordo com a experiência brasileira, como orientação para os estudos experimentais, os seguintes intervalos de taxas para agregado e para ligante asfáltico (CAP-7 e RR-2C), em *condições não extremas* de tráfego, clima, forma de agregado, estado da superfície a tratar, para as *classes granulométricas* I, II e III.

Litro/m²

Agregado a Espalhar		CAP-7	RR-2C
I	3/4" - 5/8"	14 - 16	1,2 - 1,4
II	5/8" - 3/8"	11 - 13	1,0 - 1,2
III	3/8" - 1/4"	7 - 10	0,8 - 0,9

Pode-se ter uma boa idéia do *agregado a ser efetivamente fixado* por meio do chamado *ensaio de placa* - que consiste em colocar o agregado sobre uma placa pintada (por exemplo, de vermelho) de área conhecida (por exemplo, 50 x 50cm), de modo a formar uma camada sem superposições e sem falhas (não se vê o “vermelho”). Pesando-se o agregado, conhece-se a taxa em “peso” que é transformada em “volume” através da “densidade aparente” (solta). O resultado deve ser a média de pelo menos três determinações.

A taxa de *agregado a ser espalhado* fica geralmente compreendida entre 1,08 e 1,10 T'_{ag} onde T'_{ag} é a taxa do agregado a ser efetivamente fixado.

1.25 O Tratamento Superficial Simples - TSS é geralmente utilizado:

- a) Como *Revestimento de Pistas de Rodovias* com tráfego até $N_t \leq 2,5 \times 10^6$, com $t_{máx} = 10$ anos (sendo o número N calculado pelo Método de projeto de Pavimentos Flexíveis - DNER 1966). Com $2,5 \times 10^6 \geq N > 10^6$ deve-se usar preferencialmente a classe granulométrica I: 3/4" - 5/8".

Com $N_t \leq 10^6$, além da classe I, pode-se usar a classe granulométrica II: 5/8" - 3/8".

A classe granulométrica III: 3/8" - 1/4" só é aconselhável para estradas turísticas (sem tráfego de caminhões e carretas pesadas) com $N_t \leq 5 \times 10^5$;

- b) Como *Revestimento de Acostamentos de Rodovias Pavimentadas*, quando se deve usar a classe granulométrica I: 3/4" - 5/8" para tráfego com caminhões e carretas pesadas. Para tráfego menos severo pode-se usar as classes granulométricas II e III;
- c) Como *Tratamento Rejuvenescedor ou Impermeabilizante* de Revestimentos Asfálticos, em Serviços de Manutenção, quando se deve usar preferencialmente a classe granulométrica III. Se a superfície a tratar estiver com irregularidades da ordem de 5mm é preferível a classe II e mais ainda a classe I. Com irregularidades da ordem de 8mm deve-se usar somente a classe I e preferencialmente uma *Lama Asfáltica Grossa* ("Farofa Asfáltica") ou um TSD cuja primeira camada seja de classe granulométrica I: 3/4" - 5/8".

Com irregularidades acima de 10mm deve-se fazer um recapeamento com massa asfáltica.

1.26 Em se tratando de TSS com RR-2C, uma alternativa altamente proveitosa se apresenta: diminuir 0,4 l/m² na aplicação da emulsão, e após 5 a 10 dias da liberação da Pista ao tráfego (se for Acostamento desviar o tráfego para ele por 3 dias) aplicar um *segundo banho* (0,4 l/m² de RR-2C diluído com 0,4 l/m² de água, ou seja, um banho de 0,8 l/m²) por *penetração direta*. Este processo, denominado PAGO (Processo de Acréscimo de Garantia Operacional), aumenta apreciavelmente a *vida de serviço* do TSS.

1.27 É muito importante se traçar a curva *Viscosidade x Temperatura*, quer para o CAP-7, quer para o RR-2C, pois o ligante asfáltico deve ser espargido numa faixa de viscosidade entre 20 e 60 segundos SF; no caso de abaulamentos elevados é preferível usar-se o intervalo 40 a 60s (SF), assim também como no caso de elevadas rampas longitudinais e superelevações.

No sistema T° x log V essa curva é praticamente uma linha reta, sendo 2 pontos geralmente

suficientes para sua perfeita caracterização: CAP-7 (177°C - 135°C) e RR-2C (80°C - 50°C), obtendo-se então as *faixas de temperatura* de espargimento (figura 6).

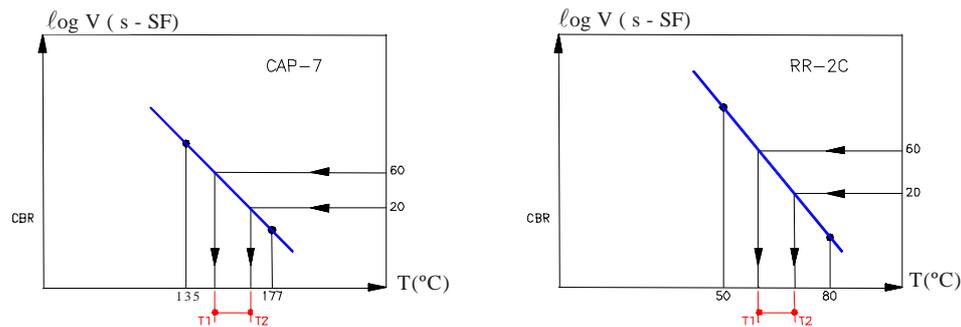


Fig. 6

INTERVALO DE TEMPERATURA PARA ESPARGIMENTO T1-T2

1.28 Para se obter um bom Tratamento Superficial Simples - TSS é *condição necessária* que se tenha uma *adesividade satisfatória* entre o agregado e o ligante asfáltico.

Quando se trabalha com a Emulsão asfáltica Catiônica RR-2C é seguro ter-se uma *adesividade satisfatória* com qualquer tipo de agregado. Tal não acontece com o CAP-7 (CAP-150/200) que, para satisfazer essa condição, necessita de *melhoradores de adesividade* que são vulgarmente chamados de “*dopes*”, principalmente no caso dos chamados *agregados eletronegativos* (granito, gnaisse, quartzito, arenito, etc.). O “*dope*” deve ser incorporado no canteiro de serviço, de acordo com teor indicado pelo *ensaio de adesividade*, geralmente da ordem de 0,50 a 0,75% em relação ao peso do CAP.

2. DEFINIÇÃO

TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES - É um Revestimento Asfáltico sobre uma Base Imprimada (ou com Pintura de Ligação), ou sobre outro Revestimento Asfáltico que necessite de um tratamento constituído essencialmente *pela sobreposição de uma camada de agregado uniformemente distribuído sobre um banho de ligante asfáltico espargido*. O envolvimento parcial do agregado pelo ligante processa-se por *penetração invertida*, originada pela ascensão

do ligante sob a ação de enérgica compressão.

3. MATERIAIS

Todos os Materiais devem satisfazer às Especificações aprovados pela AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes materiais:

- Cimento Asfáltico de Petróleo
- CAP-150/200 (classificados por *penetração*)

ou

- CAP-7 (classificado por *viscosidade*)
- Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Rápida
- RR-2C (O CAP residual será obrigatoriamente um CAP-50/60, ou um CAP com viscosidade a 60°C variando preferencialmente entre 2.500 e 5.000 poise, a menos de outra indicação específica do Projeto).

3.2. Melhorador de Adesividade (“*Dope*”)

Deve ser usado quando se necessite melhorar a adesividade do par *ligante asfáltico/agregado*, na quantidade prevista no Projeto, que deve manter suas propriedades de melhorador de adesividade após sua colocação e circulação com o CAP no carro espargidor, na temperatura de espargimento.

3.3. Agregado

Pedra Britada, Cascalho ou Seixo Rolado, Britados, ou Agregados Artificiais indicados no Projeto, como *Escoria Britada, Argila Expandida*, etc.

O agregado, somente de um tipo, deve possuir partículas *limpas, duras, isentas de cobertura e torrões de argila*, qualidades essas avaliadas *por inspeção visual*.

O *desgaste por abrasão Los Angeles* (determinado pelo Método DNER-ME-35/64) não deve ser superior a 40%. Quando não houver, na região, materiais com esta qualidade, admite-se o emprego de agregados com até 50%, desde que:

- a) esses agregados tenham apresentado comprovadamente bom comportamento em serviços semelhantes, ou
- b) apresente bom comportamento, avaliado por inspeção visual, quando comprimido por 10 *coberturas (passadas no mesmo ponto)* de um rolo liso com carga no mínimo de 35kgf/cm.

A *forma* deve ser tal que o *índice de forma* (DNER-ME-86/64) não deve ser inferior a 0,5. Não se dispondo da aparelhagem referente ao método, pode-se proceder, opcionalmente, da seguinte maneira: toma-se uma amostra aleatória de 20 partículas do agregado (D/d), e mede-se para cada uma delas o comprimento (maior dimensão) L e a espessura (menor dimensão) e , com o paquímetro; considera-se todas com a mesma largura $g = (D + d)/2$. Se $L + g > 6$ a partícula é defeituosa. A porcentagem de grãos defeituosos não poderá ultrapassar a 20%.

A *granulometria do agregado* deve obedecer a inequação $d \geq 0,6 D$, onde D é a malha da peneira 100% passando e d a da peneira 0% passando. Se a rodovia for de características mais modestas, e se tiver sido previsto no Projeto, pode-se adotar $d \geq 0,5 D$. Em qualquer hipótese, a tolerância é de 10% na peneira D e de 15% na peneira d , com no máximo 5% passando na peneira n.º 10 (2,0mm) e 1,0% passando na peneira n.º 200 (0,074mm). Para essas determinações,

deve usar o procedimento geral do DNER-ME-83/63.

Para o estabelecimento da *classe granulométrica*, além da inequação acima, deve-se ter: $D \leq 1 \frac{1}{4}$ " (31,8mm) e $d \geq 3/16$ " (4,8mm). Se possível, deve-se adotar uma das três classes granulométricas: I, II e III apresentadas no Item 1.

Uma *pequena porosidade* é benéfica pois favorece a adesividade passiva. Entretanto, caso se desconfie de uma alta porosidade (maior que 1,0% de absorção, calculada com os dados do DNER-ME-81/64: $a = 100 (P_h - P_s)/P_s$) e *se essa for confirmada, deve-se impedir a britagem da pedra*.

Se a pedra for de diabásio ou de basalto, ou de uma natureza mineralógica sujeita a alterações, deve ser realizada a *avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio* (DNER-ME-89/64). *Se houver uma perda superior a 12% com sulfato de sódio, em 5 ciclos, deve-se impedir a britagem da pedra*.

Caso se trate de cascalho ou seixo britados, deve-se exigir *pelo menos duas faces britadas*. Deve-se recomendar que a britagem seja feita com uma relação.

$$RB = \frac{\text{Dimensão mínima do sexo rolado}}{\text{Dimensão máxima do agregado}} > 4$$

A *adesividade* é uma propriedade do par *agregado/ligante* e deve ser determinada com o ligante que se vai realmente usar. Deve-se determinar a adesividade com o CAP-7 (DNER-ME-79/63); se ela for *insatisfatória* deve-se usar um “*dope*”, na proporção mínima de 0,5% e máxima de 1,0%, em relação ao peso do CAP, repetindo-se o ensaio até se encontrar um “*dope*” que no intervalo de % acima apresente um resultado *satisfatório*.

O *melhorador de adesividade* (“*dope*”) deve necessariamente ser adquirido separadamente e incorporado ao CAP no canteiro de serviço. O “*Dope*” deve ser incorporado ao CAP na proporção indicada pelo Projeto caso sejam satisfeitas as condições e os limites acima.

4. DOSAGEM DO AGREGADO E DO LIGANTE ASFÁLTICO

As taxas finais de agregado e de ligante, devem ser determinadas no *Canteiro de Serviço*, após a obtenção de uma quantidade razoável de agregado britado.

Essa determinação deve ser feita no Canteiro de serviço, em verdadeira grandeza, usando-se tantos panos de comprimento mínimo 40m (área correspondente a 40m x 3,5m = 140m²) quantos necessários.

A classe granulométrica a usar deve ser a indicada no Projeto, devendo a Fiscalização sugerir as mudanças porventura julgadas necessárias.

Para o início da experimentação, deve-se adotar para as taxas de agregado e de ligante as obtidas de acordo com as indicações no item (1 - CONCEITOS BÁSICOS).

Deve-se observar que as indicações para o agregado se referem ao *agregado a ser espalhado*. Na realidade, o *agregado efetivamente fixado* pelo ligante asfáltico é cerca de 5 a 10% menor.

As taxas deverão ser determinadas pelo tradicional processo da bandeja, pesada antes e depois do espargimento de ligante, e do espalhamento do agregado. Como a dosagem é sempre feita em base volumétrica deve-se determinar a massa específica do material. Para o ligante (CAP ou Emulsão) pode-se considerar $d = 1,0 \text{ kg/l}$, e para os agregados usar uma caixa de madeira com dimensões internas aproximadamente de 0,30 x 0,30 x 0,20m, tendo-se então: $d = (P_2 - P_1)/V$, onde d é a densidade solta, P_2 - massa do (agregado + caixa), com a caixa cheia de partículas arrumadas a mão, e rasada o melhor possível, P_1 é a massa da caixa vazia e V o volume da mesma calculado a base de régua. O valor de d adotado é a média aritmética de pelo menos 9 resultados para a classe granulométrica em questão.

5. EQUIPAMENTO

5.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada a *ordem de serviço*.

5.2 Os *carros distribuidores de ligante asfáltico* devem ser especialmente construídos para essa finalidade, providos de rodas pneumáticas e de suspensão adequadamente rígida, devendo dispor de: *sistema autônomo de aquecimento e de circulação do ligante, isolamento térmico, bomba de pressão regulável, controle de velocidade (tacômetro ou “quinta roda”), calibradores, termômetros apropriados em locais de fácil acesso, espargidor de operação manual (ou “caneta”)*.

5.3 Os *distribuidores de agregado* devem ser preferencialmente *autopropulsores*, permitindo-se também os chamados “*spreaders*” (rebocável pelo caminhão) não sendo aceito o tipo *acoplável ao caminhão* que apresenta exagerada *altura de queda* dos agregados.

5.4 Pode-se trabalhar somente com *rolos pneumáticos* ou *rolos lisos*, ou também com a combinação de ambos. O *rolo liso* deve ser “*tandem*” e apresentar a relação “*peso/largura de roda*” no intervalo 25 a 45 kgf/cm. O *rolo pneumático* deve ser *autopropulsor* e deve permitir uma calibragem de pneus que abranja pelo menos a faixa de 35 a 120 lb/pol² (2,5 - 8,4 kgf/cm²).

5.5 É obrigado a disponibilidade de *vassouras mecânicas* eficientes e em boa situação de uso, o que não exclui o uso complementar de *vassouras manuais*. Em casos especiais poderá a Fiscalização exigir o emprego do *ar comprimido*.

6. EXECUÇÃO

A execução dos tratamentos superficiais envolve basicamente as seguintes operações:

- limpeza da superfície subjacente;
- espargimento do ligante asfáltico;
- distribuição dos agregados;
- compressão dos agregados;
- liberação ao tráfego;
- eliminação dos rejeitos; e
- eventualmente - caso das emulsões asfálticas - espargimento de um banho diluído.

6.1. Limpeza da Superfície Subjacente

A superfície da camada subjacente deve se apresentar *Completamente Limpa, isenta de pó, poeira ou de outros elementos*. A operação de limpeza pode-se processar por equipamentos mecânicos (vassouras rotativas ou jatos de ar comprimido) ou, em circunstâncias especiais, mesmo por varredura manual. *Eventuais poças d'água*, principalmente nos bordos que apresentam elevações de materiais acumulados, devem ser previamente eliminadas.

6.2. Espargimento do Ligante

Procedida a limpeza, o espargimento do ligante asfáltico só deverá ser processado *se as condições atmosféricas forem propícias*. Recomenda-se pois, não iniciar os trabalhos antes do nascer do sol (superfície subjacente fria e úmida), *sendo proibida a operação quando:*

- a temperatura ambiente for inferior a 12°C para os cimentos asfálticos e a 9°C para as emulsões, e em dias de chuva ou sob superfícies molhadas; se o ligante for emulsão, admite-se a execução desde que a camada subjacente não se presente encharcada.

Quando de trabalho em *temperaturas excessivamente elevadas*, cuidados devem ser tomados se verificar a tendência de os agregados, aquecidos pelo sol, *aderirem aos pneus dos rolos e dos veículos*.

Relativamente à temperatura de espargimento do ligante, deverá ser ela determinada em função das relações viscosidade-temperatura, exigindo-se o seu enquadramento na faixa de viscosidade 20 a 60 segundos SF. A *curva viscosidade x temperatura* deve ser traçada com pelo menos dois pontos: 177°C e 135°C no caso do CAP-7 (CAP-150/200) e 80°C e 50°C no caso do RR-2C.

No caso da utilização de agentes melhoradores de adesividade (recomendados também quando da necessidade de trabalho em condições atmosféricas próximas da crítica) exige-se (usado somente no caso de CAP):

- que este aditivo seja adicionado ao cimento-asfáltico, no canteiro da obra, obrigando-se processar a circulação da mistura ligante asfáltico-aditivo. *Preferencialmente, deve-se fazer esta mistura com a circulação do ligante betuminoso, no caminhão.*

Os materiais asfálticos deverão ser aplicados de uma só vez em toda a largura a ser trabalhada e o espargidor, ajustado e operado de modo a distribuir o material uniformemente; depósitos excessivos e material asfáltico devem ser prontamente eliminados.

A extensão do banho asfáltico em cada etapa construtiva deverá ser condicionada às seguintes exigências:

- manutenção da capacidade de “molhagem” (adesividade ativa), garantida ao não se deixar arrefecer os ligantes aplicados a quente ou processar a ruptura das emulsões asfálticas; *as extensões a serem executadas não devem exceder 300m.*
- capacidade operacional de cobertura rápida com os agregados; no caso de paralisação súbita e imprevista do distribuidor, os agregados deverão ser espalhados manualmente, na superfície já coberta com o material asfáltico.

a) Juntas Transversais de Execução

- A cada parada do espargidor (etapas de trabalho), o recomeço exige certas precauções com o objetivo de se evitar os inconvenientes oriundos do fato de a homogeneidade de espargimento só ser atingida alguns instantes após a abertura das válvulas. *Desta forma, recomenda-se que se cubra a seção transversal de trabalho com uma faixa estreita de papel “Kraft” ou similar, sobre a qual deverá se processar o espargimento ainda heterogêneo.* Este procedimento simples permite obter, após a retirada do papel, uma continuidade executiva sem excesso e sem falta de ligante.

b) Juntas Longitudinais de Execução

- Para se garantir a perfeita função longitudinal das faixas executadas individualmente, recomenda-se um recobrimento da faixa primeiramente constituída numa largura pequena, a ser definida no canteiro de obras - função dos materiais e do tipo da barra distribuidora e dos bicos espargidores.

6.3. Distribuição de Agregados

A distribuição dos agregados deve seguir de perto a operação de espargimento do ligante betuminoso. Um espaçamento da ordem dos 50m é razoável, devendo-se ter em conta as seguintes regras práticas:

- a uma mesma temperatura, quanto maior a viscosidade do ligante a empregar, tanto menor deverá ser o espaçamento;
- a uma mesma viscosidade do ligante a empregar, quanto menor for a temperatura ambiente, tanto menor deverá ser o espaçamento.

A operação de espalhamento deverá ser realizada pelo equipamento especificado e, quando necessário, para garantir uma cobertura uniforme, complementada com processo manual adequado. *Excessos de agregado devem ser removidos antes da compressão e as juntas longitudinais e transversais alvo de cuidados específicos.*

6.4. Compressão dos Agregados

Os agregados, após espalhamento, deverão ser comprimidos o mais rapidamente possível. Nos trechos em tangente, a compressão deve-se iniciar pelos bordos e progredir para o eixo e, nas curvas, deverá progredir sempre do bordo mais baixo para o bordo mais alto.

O número de passadas do rolo compressor deve ser no mínimo 3, sendo que cada passagem deverá ser recoberta, na vez subsequente, em pelo menos a metade da largura do rolo; acredita-se que a compressão total se processa ao cabo de um número máximo de 5 *coberturas* (números

de passadas no mesmo ponto).

Na operação de compressão, deve-se estar sempre atento à *eventuais sinais de fratura ou de esmagamento dos agregados*, condição esta que determina o fim desta operação ou a substituição do equipamento de compressão.

A velocidade dos engenhos de compressão deve ser limitada e compatível com a inversão de marchas que se faz necessária. Devem ser atendidas as orientações:

- primeiras passadas: 2 a 3 km/h;
- passadas restantes: 8 a 10 km/h (com pressão de enchimentos dos pneus da ordem de 100 a 120 lib/pol²).

É fundamental que a primeira rolagem se processe imediatamente após a distribuição dos agregados, compondo a integração do comboio de execução (espargidor de ligante, distribuidor de agregados, rolos de compressão) a ser disposto sequencialmente e de forma igualmente espaçada. As passadas subsequentes poderão ser efetuadas com maior intervalo de tempo.

6.5. Liberação ao Tráfego

A liberação ao tráfego de um trecho de tratamento superficial recém construído é sempre delicado. O momento ideal corresponde àquele em que o ligante asfáltico (puro ou residual) atinge seu estágio de consistência “definitivo”, condição esta possível de se obter somente em estradas não sujeitas ao tráfego usuário. *No caso de estradas sujeitas ao tráfego usuário, não será este permitido, em nenhuma hipótese, antes da compressão final dos agregados da camada. Especificamente, tendo-se em conta o tipo do ligante asfáltico, recomenda-se:*

- Cimento Asfáltico:

A liberação pode-se processar após o resfriamento total do ligante, exigindo-se o

controle de velocidade do tráfego usuário - velocidade máxima de 40 km/h.

- Emulsão Asfáltica:

O tráfego só deverá ser liberado após se assegurar do *desenvolvimento completo da adesividade passiva (resistência ao arrancamento), propriedade que nesta alternativa requer tempos maiores; esta avaliação deve ser efetuada no começo da obra, estabelecendo-se, para orientação inicial, um repouso da ordem de 48 horas, o qual poderá ser alargado ou reduzido consoante as constatações.*

6.6. Eliminação dos Rejeitos

A forma de composição dos agregados nos tratamentos superficiais implica numa inevitável parcela de rejeição, necessária à perfeita composição do mosaico de agregados - *eliminação de uma estrutura alveolar*. Sob condições normais, esta rejeição, processada sob a ação do tráfego usuário, *não deve exceder a 2% e deve ser eliminada após os primeiros dias de solicitação (5 a 10 dias).*

Se por razões quaisquer, o percentual de rejeição for mais elevado, os procedimentos de limpeza devem ser efetuados mais rapidamente: *partículas soltas, sob a ação das cargas do tráfego, propiciam o arrancamento daquelas que se encontram fixadas e dificultam a formação de um bom mosaico.*

6.7. Aplicação do Banho Diluído de Emulsão Asfáltica

Uma vez processada a eliminação dos rejeitos pelo tráfego usuário e pelos procedimentos de limpeza, *uma alternativa construtiva de grande sucesso e aceitação, tem se apresentado, quando se trabalha com emulsão asfáltica: a aplicação de um “reforço de asfalto”, obtido através de um banho diluído de emulsão asfáltica em água (0,3:0,3) numa taxa da ordem de 0,6 l/m². Essa taxa de 0,3 l/m² de emulsão deve ser subtraída da taxa adotada para a emulsão.*

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1. Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados no Tratamento Superficial Simples tenham características satisfazendo às Especificações Gerais em vigor na AGETOP.

7.1.1 Emulsões Asfálticas

- a) Uma emulsão asfáltica *só poderá ser descarregada no canteiro de serviço se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.*
- b) Em todo o *carregamento de emulsão* que chegar à Obra serão realizados os seguintes ensaios, no *Laboratório de Campo*:
 - Viscosidade Saybolt-Furol (Método P-MB-581)
 - Peneiração (P-MB-609)
 - Carga de Partícula (P-MB-563)
 - % de CAP Residual (Método Expedito - “Coloca-se cerca de 200,0g de emulsão num recipiente o mais leve possível, pesado a 0,1g sem e com a amostra que é levada ao fogo direto até constância de peso; por diferença de peso calcula-se a % de CAP residual em relação ao peso da amostra”).
- c) A emulsão será “*aprovada*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).
- d) Se a emulsão não for considerada (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo:

$x = 15$ para a “Viscosidade”

$x = 20$ para a “Peneiração”

$x = 2$ para a “% de CAP Residual”

Não havendo tolerância para a “Carga de Partícula” (“positiva”), então a emulsão será “*aprovada sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerada “*não aprovada*” (NAP).

- e) Se a emulsão for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se a emulsão for (NAP) - “*não aprovada*” o carregamento correspondente *deve ser rejeitado*, sendo *terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- f) Se a emulsão de um carregamento for considerado (NAP) deve-se “circular” a emulsão no caminhão e, em seguida, repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 10 em 10 carregamentos, será tomada uma amostra da emulsão e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP* onde serão executados os Ensaio previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será *suspenso o fornecimento da emulsão asfáltica*, quando:
- ocorrem mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 20$;
 - *O Laboratório Central da AGETOP assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.*

- i) O fornecimento da emulsão asfáltica só será restabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota: Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos serão traçadas as curvas “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos.

7.1.2 Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)

- a) Um CAP só poderá ser descarregado no *Canteiro de serviço* se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.
- b) Em todo *carregamento de CAP* que chegar à obra serão realizados os seguintes ensaios, no *Laboratório de Campo*:
- Viscosidade Saybolt-Furol (P-MB-581)
 - Ponto de Fulgor (MB-50)
 - Espuma (aquecido a 175°C não deve produzir espuma).
- c) O CAP será “*aprovado*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).
- d) Se o CAP não for considerado (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo:

x = 15 para a “Viscosidade”

x = 10 para o “Ponto de Fulgor”

Não havendo tolerância para a “Formação de Espuma”, então o CAP será “*aprovado sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerado “*não aprovado*” (NAP).

- e) Se o CAP for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se o CAP for (NAP) - “*não aprovado*” o carregamento correspondente *deve ser rejeitado, sendo terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- f) Se o CAP de um carregamento for considerado (NAP), deve-se tomar nova amostra no caminhão e repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 6 em 6 carregamentos, será tomada uma amostra do CAP e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP* onde serão executados os ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será *suspenso o fornecimento de CAP*, quando:
- ocorrerem mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 20$;
 - *Laboratório Central da AGETOP* assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.
- i) O fornecimento do CAP só será restabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota: Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos serão traçadas as curvas “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos.

7.1.3 Agregados

- a) Antes do *início da britagem* deverão ser confirmados os valores de *absorção*, de

abrasão Los Angeles e, se for o caso, de *durabilidade*, através de ensaios em 3 amostras estrategicamente coletadas. Somente após essa confirmação *poderá ser autorizada a britagem* pela Fiscalização. Posteriormente, esses ensaios só serão repetidos em caso de desconfiança provocada pelo comportamento da brita, ou da mudança de fonte de agregado.

- b) A Fiscalização manterá um “*Fiscal de Agregados*” permanentemente na área de estocagem de agregados, que também fiscalizará as operações de britagem e demais beneficiamentos do agregado (peneiramento, lavagens, etc.), com poderes para impugnar qualquer agregado devido a presença de *pó, torrões de argila, partículas moles, etc.*
- c) Verificada a impossibilidade de se retirar o pó porventura existente com um simples peneiramento, *será obrigatório a lavagem do agregado.*
- d) Para aproximadamente cada 30m³ de agregado estocado será retirada aleatoriamente uma amostra para os ensaios de:
 - Granulometria (DNER-ME-83/63), e de
 - Índice de Forma (DNER-ME-86/64) ou Partículas Defeituosas (ver item 3.3 desta Especificação).

Deve ser assinalada a posição do lote de 30m³ na praça de estocagem, correspondente à amostra retirada.

- e) Se os resultados dos 2 ensaios citados em (d) satisfizerem ao exigido no item 3.3 desta Especificação, com as respectivas tolerâncias, o correspondente lote de 30m³ fica “*aprovado*” (AP) e liberado para ser transportado para a pista. Em caso contrário retira-se do lote em questão mais 10 amostras aleatórias repetindo-se em cada uma delas o ensaio de resultado insatisfatório. Se pelo menos 7 resultados forem satisfatórios então o lote fica (AP) e pode ser transportado para a pista; em caso contrário o lote é declarado “*não aprovado*” (NAP) devendo

ser, a critério da Fiscalização, beneficiado (britagem, peneiramento, etc.) ou definitivamente abandonado.

7.1.4 Melhoradores de Adesividade (“Dopes”)

- a) Não é permitida a aquisição de CAP já adicionado do “Dope”, que deve ser incorporado no canteiro de serviço.
- b) Cada carregamento de “Dope” que chegar à obra será objeto de Ensaio de Adesividade (DNER-ME-79/63) com o CAP e o agregado que vão ser usados. Por questão de homogeneização com o CAP não se deve usar menos de 0,5% de “Dope” em relação ao peso de CAP; também não se deve usar mais de 0,75% por ser antieconômico, devendo-se, se for o caso, trocar de “Dope”.
- c) Aprovado e quantificado um “Dope”, faz-se a mistura em cada caminhão de CAP através de circulação com auxílio de bomba. Retira-se uma amostra e realiza-se o Ensaio de Adesividade; se o resultado for “*satisfatório*” o caminhão fica liberado e em caso contrário procede-se a novas circulações até se obter o resultado “*satisfatório*”.

7.2. Execução

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a seguir o estabelecido para as taxas de ligante e de agregado, obedecendo às demais prescrições desta Especificação e do Projeto.
- b) Além do pessoal do “Laboratório de Campo” e de um “Fiscal de Agregados”, deverá haver um “Fiscal de Pista” que acompanhe todos os detalhes de execução e dos equipamentos. Será exigida também a presença permanente do “Fiscal de Campo”, do “Engenheiro Conductor da Obra” e do “Engenheiro Fiscal”.

c) Para cada aproximadamente 500m² de superfície executada serão feitas - uma determinação da *taxa de ligante* e uma determinação da *taxa de agregado*, com o uso de bandejas (as mais leves possíveis) como indicado no item 4 desta Especificação. A área da bandeja deve ser da ordem de 0,20m². Para o CAP é vantajoso se usar uma placa de cartolina de 0,40 x 0,50m com uma massa de algodão absorvente nela colada, pois pesa bem menos que uma bandeja. Essas taxas são determinadas *em peso*, devendo ser convertidas para *em volume* através da *densidade solta* (determinada numa caixa indeformável de volume conhecido (“a régua”) onde as partículas de agregado são arrumadas a mão, e *rasada* o melhor possível.

d) Para $12 \geq N \geq 9$ determinações sucessivas de cada uma das taxas, calcula-se:

$$\bar{X} = \Sigma X_i / N \text{ (média aritmética)}$$

$$s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$$

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s$$

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s$$

Nota: São desprezados os valores individuais X_i fora do intervalo: $\bar{X} \pm 3s$.

e) Sendo $t_{\text{mín}}$ e $t_{\text{máx}}$ respectivamente as taxas mínima e máxima fixadas experimentalmente no campo pela Fiscalização, para o agregado e para o ligante, o serviço será “*aprovado*” (AP) se:

$$X_{\text{mín}} \geq t_{\text{mín}} \quad \text{e} \quad X_{\text{máx}} \leq t_{\text{máx}}$$

f) Se o serviço não for considerado (AP) conforme o item (e), mas se os resultados satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo:

$x = 20$ para as taxas de agregado (máxima e mínima)

$x = 10$ para as taxas de ligante (máxima e mínima),

então a emulsão será “*aprovada sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerada “*não aprovada*” (NAP).

- g) Se o serviço for (AP) ele será *imediatamente aceito sem nenhuma restrição*, se for (APSR) será aceito *desde que sejam executadas as “medidas corretivas” indicadas pela Fiscalização*, e se for “*não aprovado*” (NAP) *não será aceito*, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar: cobrir a camada executada com outra camada de TSS ou com uma Mistura Asfáltica, arrancar a camada executada, etc.

7.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciados os serviços de Tratamento Superficial Simples, serão traçados gráficos onde em *abcissas* constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou de quilometragem):

a.1) CAP - “Viscosidade (SF)” e “Ponto de Fulgor”.

ou

Emulsão - “Viscosidade (SF)”, “% de CAP residual” e “Peneiração”.

a.2) Agregado - “% passando na peneira d ”, “% retida na peneira D ” e “Índice de Forma” (ou “% de partículas defeituosas”).

- b) A *Fiscalização* (Supervisora e/ou AGETOP) elaborará *Relatórios Mensais*, obrigatoriamente assinados (e rubricados em todas as páginas) pela Construtora, contendo: os gráficos citados em (a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos

relacionados com a qualidade da obra. Esses Relatórios Mensais deverão ser arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

8. CONTROLE GEOMÉTRICO

Evidentemente, a *espessura* de um Tratamento Superficial Simples é definida pelo tamanho do agregado.

Por outro lado, o acabamento de sua superfície é função praticamente exclusiva do *acabamento da Base*. Se o acabamento da Base é *bom* e o agregado foi bem controlado, o acabamento do TSS *também é bom*.

Não se pode, e não se deve tentar a *regularização* de uma superfície com um TSS, com amplitudes superiores a 10mm.

O CONTROLE GEOMÉTRICO de um TSS se resume em, antes de usá-lo, *verificar se a superfície a ser tratada tem um bom acabamento*, e se não tiver, *em evitar que o TSS seja usado*.

9. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

Para a execução de revestimento asfáltico do tipo tratamento superficial são necessários trabalhos envolvendo a utilização de materiais betuminoso e britas. Dessa forma, os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a obtenção e aplicação de brita e o estoque e aplicação do asfalto recomendado. No decorrer do processo de obtenção da brita devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES - AGETOP - ES-P09/01 38/39

- a) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- b) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- c) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- d) as estradas de acesso deverão seguir as recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- e) deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

Relativamente aos ligantes betuminosos, a recomendação principal é quanto aos depósitos:

- a) Evitar a instalação, de depósitos de ligante betuminoso, próxima a curso d'água.
- b) A área dos depósitos deverá contar com uma canalização (valeta) que capte qualquer derrame acidental em uma caixa, para sua posterior retirada, evitando contaminação dos solos e das águas.
- c) Impedir o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas lindeiras adjacentes, ou qualquer outro lugar causador de prejuízo ambiental.
- d) Na desmobilização desta atividade, remover os depósitos de ligante e efetuar a limpeza do local, recompondo a área afetada pelas atividades da construção.

Quanto a execução cabe lembrar que não deve ser permitida a descarga do espargidor, mesmo para teste sobre o solo ou nas proximidades de cursos d'água. Para executar os eventuais testes com o objetivo de verificar se existe falha de bico, deve ser providenciado um coletor

apropriado que evite o derrame sobre o solo.

10. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Tratamento Superficial Simples será medido e pago de acordo com os *PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP*.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

PAVIMENTAÇÃO - ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO
TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO - AGETOP - ES-P 10/01 01/33

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Um *Tratamento Superficial Duplo* (TSD) pode ser visto como um *Tratamento Superficial Simples* (TSS) de agregado D1/d1 coberto com outro TSS de agregado D2/d2.

Assim, antes de se prosseguir na leitura deste item, deve-se reler o item 1 - CONCEITOS BÁSICOS referente à AGETOP-ES-P09/01 - TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES.

1.2 Tem-se, então, duas camadas de TSS, sendo para cada uma delas válidas todas as observações feitas nos respectivos CONCEITOS BÁSICOS, tendo-se assim a regra $d \geq nD$, onde $n = 0,6$, admitindo-se em serviços mais modestos ($N \leq 2,5 \times 10^6$) $d \geq 0,5D$.

1.3 Para a relação entre os diâmetros e agregados das duas camadas tem-se usualmente a regra $d1 = D2$, conhecida às vezes como composição de *classes granulométricas contínuas*. Por exemplo:

- a) 1ª Camada 3/4" - 5/8" (19 - 16mm) e 2ª Camada 5/8" - 3/8" (16 - 10mm)
- b) 1ª Camada 5/8" - 3/8" (16 - 10mm) e 2ª Camada 3/8" - 1/4" (10 - 6,3mm)

1.4 Pode se ter também uma *composição granulométrica descontínua*, por exemplo:

- c) 1ª Camada 3/4" - 5/8" (19 - 16mm) e 2ª Camada 3/8" - 1/4" (10 - 6,3mm), que apresenta uma *superfície mais suave ao tráfego e consome menos asfalto* que a composição (a): 3/4" - 5/8" (19-16mm) e 5/8" - 3/8" (16 - 10mm).

Tem-se observado uma melhor acomodação de 2ª Camada com a composição (c). Entretanto, a *tendência à lamelaridade é maior*, para a mesma natureza do agregado, nas *partículas mais finas*. Assim, corre-se um maior risco de *exudação* com a composição (c), do que com a composição (a), risco este que cresce com a intensidade do tráfego.

1.5 Como indicação, as três opções de composição granulométrica:

$$a) \begin{cases} 3/4'' - 5/8'' \\ 5/8'' - 3/8'' \end{cases}$$

$$b) \begin{cases} 5/8'' - 3/8'' \\ 3/8'' - 1/4'' \end{cases}$$

$$c) \begin{cases} 3/4'' - 5/8'' \\ 3/8'' - 1/4'' \end{cases}$$

Permitem cobrir os casos usuais de emprego de TSD, com todas as vantagens técnico-econômicas, com as seguintes indicações adicionais:

Composição a - para “tráfego pesado” ($N > 10^6$), com agregados podendo apresentar *lamelaridade maior* na 2ª Camada;

Composição b - para “tráfego médio” ($5 \times 10^5 < N \leq 10^6$), com agregado podendo apresentar uma *lamelaridade maior* na 2ª Camada;

Composição c - para tráfego “pesado” e “médio” quando o agregado da 2ª Camada apresentar uma *lamelaridade menor*, e “leve” ($N \leq 5 \times 10^5$) em qualquer caso.

Entende-se por *lamelaridade maior* quando o *índice de forma* ou a *porcentagem de grãos defeituosos* estiverem, respectivamente, em seus limites inferiores e superiores.

Geralmente, tem-se a seguinte escala crescente de tendência de obtenção de partículas lamelares:

Calcáreo - granito/gnaiss - diabásio - basalto.

1.6 Pode-se, evidentemente, compor outras classes granulométricas, devendo-se, entretanto, *manter os limites*:

$$D1 \leq 1 \frac{1}{4}'' (31,8\text{mm})$$

$$d2 \geq \frac{3}{16}'' (4,8\text{mm} = \text{pen. n}^\circ 4)$$

Tem-se, por exemplo para o caso de $n = 0,5$:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1'' - 1/2'' \\ 1/2'' - 1/4'' \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 3/4'' - 3/8'' \\ 3/8'' - 3/16'' \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} 1 \frac{1}{4}'' - 5/8'' \\ 5/8'' - 5/16'' \end{array} \right.$$

1.7 Evidentemente, existe um *limite superior* para $D1$, além do qual o asfalto não pode *segurar por baixo* a partícula; a prática tem fixado esse limite superior em $1 \frac{1}{4}'' = 31,8\text{mm}$.

Entretanto, uma maior segurança aconselha $D1, \text{máx} = 1'' = 25,4\text{mm}$ e, preferencialmente $D1, \text{máx} = 3/4''$.

Por outro lado, existe um *limite inferior* para $d2$, tendo a prática fixado: $d2, \text{mín} = \frac{3}{16}'' = 4,8\text{mm} = \text{peneira n}^\circ 4$, e preferencialmente, $d2, \text{mín} = 1/4'' = 6,3\text{mm}$.

1.8 Uma diferença fundamental entre os *Tratamentos Superficiais* e as *Misturas Asfálticas* é que: num Tratamento quanto maior o “diâmetro do agregado” maior o “consumo de asfalto” - e numa Mistura Asfáltica quanto menor o “diâmetro do agregado” maior o “consumo de asfalto”.

É conveniente lembrar que *quanto mais fina* for a granulometria de um agregado, *maior será sua área específica* (“área por unidade de volume”), ou seja, *maior será a “área a cobrir” de asfalto*, que é o caso de uma *Mistura*. No caso de um *Tratamento* o asfalto não cobre inteiramente o agregado mas vai *fixá-lo por baixo* - necessitando-se de *tanto mais asfalto* quanto maior for o diâmetro da partícula a fixar.

1.9 Outra diferença fundamental, reside no modo de *deterioração*.

Um Tratamento Superficial se deteriora principalmente por *desagregação*. O cimento asfáltico (CAP) utilizado, emulsificado ou não, vai “*envelhecendo*”, principalmente por *oxidação* (incorporação de *moléculas de oxigênio do ar* às cadeias do CAP), tornando-se o CAP “frágil” e “quebradiço”, ou seja, *perdendo seu poder ligante*. Sob a ação do tráfego, as *partículas de agregado vão se soltando*, e depois de formados, os *primeiros pequenos buracos*, sob a ação conjunta do binômio *tráfego/água* vão se transformando em “panelas” e, em seguida, em “grandes crateras”.

É de se notar que o forte aquecimento aplicado ao CAP para o seu espargimento, pode acelerar muito esse *envelhecimento*. Uma outra vantagem do uso de “CAP emulsificado”, reside justamente no fato de ser necessário apenas um *ligeiro aquecimento*, não havendo esse perigo de um superaquecimento - “craqueando” o CAP. *O aquecimento do CAP na fabricação da emulsão* é inferior ao necessário para colocar o CAP na faixa de viscosidade de espargimento (20 a 60 segundos SF).

Uma Mistura Asfáltica, por exemplo, o Concreto Asfáltico (CBUQ), se deteriora principalmente por *fadiga* decorrente de seu *trabalho de tração na flexão* durante a *vida de serviço*.

Uma carga solicitando um Pavimento desperta uma *tensão de tração na flexão* σ_{tf} na face inferior do Revestimento Asfáltico (por exemplo, de CBUQ), que provoca a ruptura do mesmo após a N - *enagésima* aplicação da carga (considera-se, geralmente, a proveniente do “eixo simples padrão” de 18.000 libras força = 8,2tf): é o fenômeno da *fadiga*.

A tensão de tração σ_{tf} pode ser determinada considerando-se o “Pavimento” como uma superposição de camadas elásticas de espessuras h_i (Módulos de Elasticidade E_i e Coeficiente de Poisson μ_i), apoiado sobre o “Subleito” (ou “Terreno de Fundação”) considerado como “semi-infinito” ($h_{i+1} = \infty$, E_{i+1} , μ_{i+1}) e elástico (no sentido de Boussinesq), conforme figura 1.

Para cada valor de N existe um valor σ_{tf} limite acima do qual o Revestimento Asfáltico (por exemplo, de CBUQ) sofre *ruptura*. A curva “ σ_{tf} limite x N” pode ser determinada no laboratório com o chamado “ensaio de fadiga” (é necessário especificar-se a temperatura T e o

tempo de aplicação de carga t do ensaio, pois o “asfalto” confere à “Mistura” propriedades “termoplásticas” e de “viscoelasticidade”).

Para um determinado conjunto “Pavimento / Subleito” fazendo-se variar apenas a espessura h_R do revestimento, mantendo-se constante os demais fatores intervenientes, encontra-se que, para até uma determinada espessura $h_R = h'$, σ_{tr} é muito pequena (sempre menor de σ_{tr} , limite) tornando-se negativa (“compressão”) para espessuras menores (a Mistura Asfáltica resiste muito melhor à “compressão” do que à “tração”). Para as condições usuais de h_i , E_i e μ_i , tem-se $h_R = h'$ da ordem de 2,5cm.

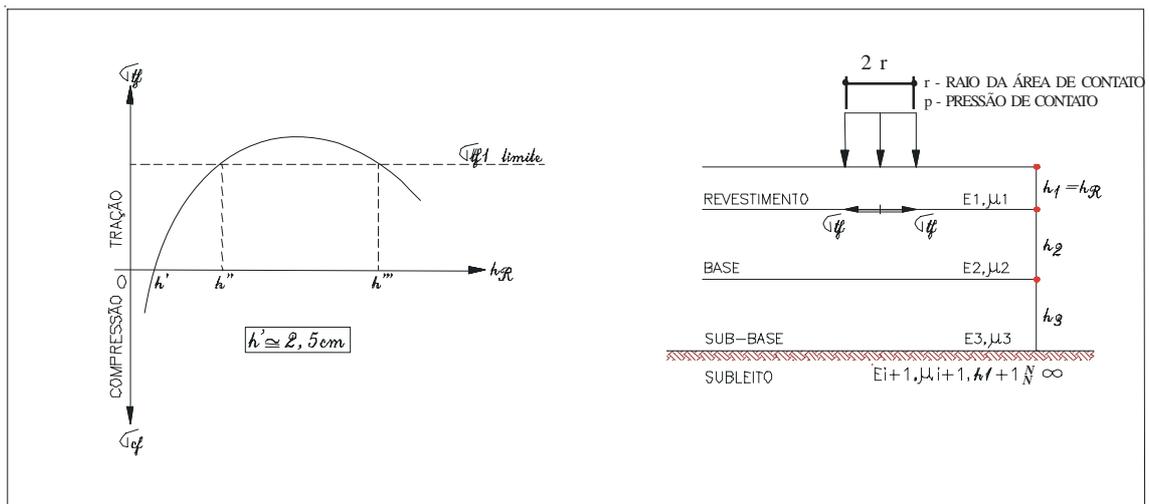


Fig. 1

É bem mais difícil se considerar um *Tratamento Superficial* como uma “camada elástica homogênea” do que uma *Mistura Asfáltica*, mas, assim mesmo se procedendo, vê-se que devido a sua espessura, um *Tratamento Superficial* não sofre “fadiga” por tração na flexão, ocorrendo a *desagregação* muito antes que uma possível “fadiga” por compressão na flexão.

Observa-se, por outro lado, que uma *Mistura Asfáltica* para fugir da “fadiga” deve ter uma espessura $h \geq h_R \geq h''$.

1.10 Para se adiar o fenômeno da *desagregação* num Tratamento Superficial deve-se entre outras providências:

- a) garantir uma *ótima “adesividade ativa”* do par “agregado/ligante”;
- b) garantir um “*espalhamento*” o *mais uniforme possível* do agregado, e principalmente do ligante. Deve-se, a todo o custo, evitar as chamadas “falhas de bico”, que provocam faixas longitudinais com deficiências de asfalto;
- c) usar um CAP o *mais consistente possível* (o “mais duro” possível), principalmente nos climas quentes, compatível com o seu espalhamento na pista (numa temperatura máxima de 177°C - aceita geralmente como um “limite superior” ditado pela experiência.

Recorda-se que a “*adesividade passiva*”, definida como a “resistência da película de asfalto, após sua colagem na partícula de agregado, ao seu deslocamento pela ação do binômio água/tráfego”, cresce com a consistência do CAP. Assim, um CAP-7 (Cap-150/200), que é o único que apresenta garantia quanto ao “limite superior de temperatura” (177°C), tem uma “adesividade passiva”, em igualdade aos outros fatores (afinidade entre o asfalto e o ligante, teor de asfalto, etc), bem inferior a de um CAP-50/60 proveniente de uma Emulsão Asfáltica Catiônica RR-2C, que por sua vez, apresenta uma satisfatória “*adesividade ativa*” com qualquer tipo de agregado, mesmo úmido.

1.11 É importante assinalar que numa Mistura Asfáltica o “ligante” é, na realidade, constituído pela associação “Asfalto + filler” desde que o “filler” (“material de enchimento”) fique disperso no asfalto. Assim, jogando-se com a “natureza” e “porcentagem de filler” pode-se modificar as *características reológicas* de um CAP. Um CAP-85/100 “fillerizado” pode se tornar bem “mais consistente” que um CAP-50/60. Como nos Tratamentos Superficiais não existe “filler, tal fato não acontece.

1.12 No estágio atual de fabricação de asfaltos no Brasil, o ligante “por excelência” para os Tratamentos Superficiais é, sem dúvida, a Emulsão Asfáltica Catiônica Rápida RR-

2C (com 67% de CAP-50/60, em peso, ou em volume, desde que a densidade do CAP seja praticamente igual a da água), apresentando-se o CAP-7 (CAP-150/200) como uma alternativa.

1.13 É importante notar que há um *melhor aproveitamento* do CAP emulsificado, devido a sua *menor viscosidade*, em relação ao CAP aquecido que resfria violentamente ao ser espargido na pista. No TSS esse melhor aproveitamento é da ordem de 6%, sendo maior no TSD, da ordem de 10%, devido ao “2º banho de umulsão” sobre a “1ª camada de agregado” ter um *maior rendimento* que o correspondente “2º banho de CAP”.

Assim, se TCAP é a taxa de CAP-7 (CAP-150/200), a TEA taxa de RR-2C (com 67% de CAP residual) correspondente será de:

$$\underline{TEA} = 0,94 (\underline{TCAP}/0,67) \text{ para o TSS, e}$$

$$\underline{TEA} = 0,90 (\underline{TCAP}/0,67) \text{ para o TSD.}$$

1.14 As dosagens de agregado e de ligante para o Tratamento Superficial Duplo - TSD é geralmente feita como sequência de dois TSS. Assim, pode-se usar como indicação para os estudos experimentais (por exemplo, em panos de 40m x 3,5m = 140m²) os procedimentos apresentados no ítem 1, CONCEITOS BÁSICOS referente à AGETOP-ES-P 09/88 - TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES.

Por exemplo, encontrando-se para um TSS:

$$\underline{3/4" - 5/8" (19 - 16mm)} \quad \text{Tag} = 15,8 \text{ l/m}^2; \text{TCAP} = 1,32 \text{ l/m}^2$$

$$\underline{5/8" - 3/8" (16 - 10mm)} \quad \text{Tag} = 12,1 \text{ l/m}^2; \text{TCAP} = 1,01 \text{ l/m}^2$$

$$\text{onde Tag - taxa de gregado a espalhar} \quad 2,33 \text{ l/m}^2$$

Entretanto, quando se trabalha com *Emulsão Asfáltica*, para se tirar partido de sua maior

fluidez, aumenta-se a taxa do 2º banho e diminui-se da mesma quantidade a taxa do 1º banho. No exemplo dado, tem-se:

$$\begin{aligned} \underline{1^\circ \text{ banho} + 2^\circ \text{ banho}} \quad & \blacksquare \text{ TCAP} = 2,33 \text{ l/m}^2 \\ & \blacksquare \text{ TEA} = 0,90 \text{ TCAP} / 0,67 = \underline{3,13 \text{ l/m}^2} \end{aligned}$$

Toma-se geralmente o 1º banho de EA como 58% do total e o 2º banho de EA como 42% do total. Assim, tem-se no exemplo:

$$\begin{aligned} \underline{1^\circ \text{ banho}} \text{ TEA} &= 0,42 (3,13 \text{ l/m}^2) = 1,31 \text{ l/m}^2 \\ \underline{2^\circ \text{ banho}} \text{ TEA} &= 0,58 (3,13 \text{ l/m}^2) = \underline{1,82 \text{ l/m}^2} \\ & \qquad \qquad \qquad 3,13 \text{ l/m}^2 \end{aligned}$$

1.15 A regra de ouro para dosagem de um TSD continua sendo: o “*máximo de ligante compatível com os diversos fatores*” (tráfego, estado da superfície, forma do agregado e clima). A taxa ideal é aquela que provoca uma *exsudação incipiente* (após os primeiros meses de tráfego), pois o ligante asfáltico é o principal responsável pela vida do Tratamento.

1.16 Dá-se a seguir, de acordo com experiência brasileira, como uma orientação para os estudos experimentais, as taxas de Agregado, CAP-7 e RR-2C, em condições *não extremas* de tráfego - clima - forma do agregado - estado da superfície a tratar, para as 3 combinações das classes granulométricas I, II e III:

litro/m ²				
Classes Granulométricas		Agregado a Espalhar	CAP-7	RR-2C
I	3/4" - 5/8"	15 - 17	1,2 - 1,4	1,2 - 1,4
II	5/8" - 3/8"	10 - 12	0,9 - 1,1	1,7 - 1,9
II	5/8" - 3/8"	11 - 13	1,0 - 1,2	1,0 - 1,2
III	3/8" - 1/4"	7 - 9	0,8 - 0,9	1,5 - 1,7
I	3/4" - 5/8"	15 - 17	1,2 - 1,4	1,1 - 1,3
III	3/8" - 1/4"	7 - 9	0,8 - 0,9	1,5 - 1,8

1.17 O Tratamento Superficial Duplo - TSD é geralmente utilizado:

- a) Como *Revestimento de Pistas de Rodovias* com tráfego máximo de $N_t \leq 5 \times 10^6$, com $t_{max} = 10$ anos (sendo o número N calculado pelo Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis - DNER/1996).

Embora tenha-se encontrado TSD com *vida de serviço* da ordem de 14 anos, é usual considerar-se sua *vida intrínseca* (independente do tráfego) de 10 anos.

Algumas vezes se usa o TSD como uma primeira etapa na chamada *Pavimentação por etapas*, devendo-se então ter $t < 10$ anos.

Quando o tráfego é “mais pesado” ($2,5 \times 10^6 < N \leq 5 \times 10^6$), é preferível usar-se a combinação de classes granulométricas I - II, e quando a 2ª camada de agregado é de forma *tipicamente cúbica* a combinação I - III.

Para tráfego “menos pesado” ($10^6 < N \leq 2,5 \times 10^6$), além das combinações I - II e I - III, pode-se usar a combinação II - III que é mais econômica.

Para o tráfego com $N \leq 10^6$ recomenda-se as combinações II - III e I - III, sendo esta última mais confortável para tráfego turístico.

- b) Como *Revestimento de Acostamentos de Rodovias Pavimentadas*, quando se recomenda as combinações I - II e I - III para tráfego com caminhões e carretas pesadas, e as combinações II - III e I - III para tráfego menos severo.
- c) Como *tratamento Rejuvenescedor* ou *Impermeabilizante* de Revestimentos Asfálticos, em Serviço de Manutenção. Note-se que com *irregularidades acima de 10mm* é preferível fazer-se um recapeamento com massa asfáltica. Observe-se também que, a espessura do TSD cresce na ordem: II - III (a menor), I - III e I - II (a maior).

TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO - AGETOP - ES-P 10/01 10/33

1.18 A espessura de um TSD é aproximadamente dada pela fórmula: $h = \underline{Dm,1} + 0,5 \underline{Dm,2}$, sendo $\underline{Dm,1}$ o diâmetro médio da 1ª camada e $\underline{Dm,2}$ o da 2ª camada.

Tem-se, assim, para as 3 combinações:

$$\text{I (19 – 16mm)} \quad \text{II (16 0 10mm):} \quad h = 17,5 + 0,5 (13,0) = 24,0 \text{ mm}$$

$$\text{II (16 – 10mm)} \quad \text{III (10 – 6,3mm):} \quad h = 13,0 + 0,5 (8,2) = 17,1 \text{ mm}$$

$$\text{I (19 – 16mm)} \quad \text{III (10 – 6,3mm):} \quad h = 17,5 + 0,5 (8,20) = 21,6 \text{ mm}$$

1.19 É importante observar que é *bastante perigoso* executar-se um TSS sobre um TSD recém concluído, ou seja, um Tratamento Superficial Triplo – TST. Com efeito, durante a execução da 1ª camada (TSS) as partículas de agregado que não são fixadas pelo ligante são *praticamente eliminadas*, sendo muito pequena a parte residual (no máximo 2%) *que vai ser rejeitada* pelo tráfego usuário; a *eliminação dos rejeitos* deve ser feita preferencialmente nos primeiros 7 dias de solicitação, pois partículas soltas propiciam o arrancamento pelo tráfego das que se encontram fixadas. No caso de um TSD, o 2º banho de ligante tenderia a fixar as partículas soltas (que já se viu serem em pequena porcentagem) o que formaria uma indesejável *estrutura alveolar*; neste caso, a *eliminação dos rejeitos* deve ser feita antes do 2º banho ligante. Já a 2ª camada no TSD tende a apresentar uma maior parcela residual de partículas não fixadas (podendo-se alcançar a 5%) e uma parcela de partículas mal fixadas (em uma posição instável) futuramente arrancadas pelo tráfego usuário. O 3º banho de ligante (TST) só deveria ser dado quando todas as partículas “soltas” e as “instáveis” tivessem sido eliminadas; só se garante a eliminação das partículas “instáveis” ou com uma *perfeita execução*, ou com *alguns meses de ação do tráfego* – o que torna problemático a execução de um TST.

1.20 A não ser em casos de *perfeita execução*, que na realidade só acontece com pequena frequência, não é vantajosa a execução de um TST. Os riscos de construção aliados aos maiores custos desaconselham a execução de Tratamentos Superficiais Triplos. Evidentemente seria muito bom executar-se um TSS sobre um TSD com 1 a 2 anos de construído.

1.21 Outro tipo de Tratamento mais desaconselhável que o TST é o chamado *Tratamento Superficial Duplo com Capa Selante por Penetração Direta – TSD - CS*, que consiste em se espalhar a 1ª camada de agregado diretamente sobre a superfície a tratar, em seguida o 1º banho ligante (sempre uma emulsão asfáltica) sobre a 1ª camada (penetração direta), seguindo-se: a 2ª camada de agregado, o 2º banho de emulsão e uma aplicação final de agregado miúdo (DNER–ES-P-71).

O TSD – CS foi um dos desmoralizadores das Emulsões Asfálticas nos “pseudos” Tratamentos superficiais. Evidentemente, este tipo de Revestimento não é um “Tratamento Superficial”, tendendo mais para um “Macadame Asfáltico”(penetração direta) de pequena espessura.

1.22 No TSD, é muito conveniente *não se fazer coincidir*, nem as “juntas transversais de construção” e nem a “junta longitudinal de construção”, desde que a execução seja feita em meia-pista (geralmente com 3,50m).

Assim, a 1ª camada do TSD deve ser feita em duas faixas com larguras diferenciadas em 0,20m (por exemplo, 3,60m e 3,40m) e a 2ª camada (a superior) em duas faixas com larguras iguais (por exemplo, 3,50m e 3,50m). Com esse procedimento, *desencontra-se* em 0,10m as duas “juntas longitudinais”(a superior e a inferior). Poder-se-ia, com mais segurança, diferenciar as duas faixas da camada superior também em 0,20m, mas, na ordem inversa (por exemplo 3,40m e 3,60m) obtendo-se um *desencontro* de 0,20m, perdendo-se entretanto a oportunidade de fazer coincidir a faixa central de sinalização com a junta da 2ª camada.

Por outro lado, deve-se desencontrar as “juntas transversais” da 1ª e da 2ª camada, em cerca de 2,50m.

1.23 Evidentemente, deve-se para o TSD traçar as curvas “*Viscosidade x Temperatura*” como no TSS.

1.24 Aqui também permanece válido tudo o que foi dito sobre os *melhoradores de adesividade* ou “*Dopes*”, no TSS.

1.25 Em se tratando de TSD com RR-2C, uma alternativa altamente proveitosa se apresenta: diminuir 0,4 litros/m² na aplicação da emulsão, e após 5 a 10 dias da liberação da pista ao tráfego (se for Acostamento desviar o tráfego para ele por 3 dias) aplicar um *segundo banho* (0,4 l/m² de RR-2C diluído com 0,4 l/m² de água, ou seja, um banho de 0,8 l/m²) por *penetração direta*. Este processo, denominado PAGO (Processo de Acréscimo de Garantia Operacional), aumenta apreciavelmente a *vida de serviço* do TSD.

2. DEFINIÇÃO

TRATAMENTO SUPERFICIAL – É um Revestimento Asfáltico constituído essencialmente pela execução sucessiva de dois Tratamentos Superficiais superpostos.

3. MATERIAIS

Todos os Materiais devem satisfazer às Especificações aprovadas pela AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes materiais:

Cimento Asfáltico de Petróleo:

CAP – 150/200 (classificados por *penetração*)

ou

CAP – 7 (classificados por *Viscosidade*)

Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Rápida:

RR - 2C (O CAP residual será obrigatoriamente um CAP – 50/60, ou um CAP com

viscosidade a 60°C variando preferencialmente entre 2.500 e 5.000 poises, a menos de outra indicação específica do Projeto).

3.2. Melhorador de Adesividade (“Dope”) (Somente para CAP)

Deve ser usado quando se necessite melhorar a adesividade do par *ligante asfáltico / agregado*, na quantidade prevista no Projeto, que deve manter suas propriedades de melhorador de adesividade após sua colocação e circulação com o CAP no carro espargidor, na temperatura de espargimento.

3.3. Agregado

Pedra Britada, Cascalho ou Seixo Ralado, Britados, ou Agregados Artificiais indicados no Projeto, como *Escoria Britada, Argila Expandida*, etc.

O *agregado*, somente de um tipo, deve possuir partículas *limpas, duras, isentas de cobertura e torrões de argila*, qualidades essas avaliadas por *inspeção visual*.

O *desgaste por abrasão Los Angeles* (determinado pelo Método DNER-ME-35/64) não deve ser superior a 40%. Quando não houver, na região, materiais com esta qualidade, admite-se o emprego de agregados com até 50%, desde que:

- a) esses agregados tenham apresentado comprovadamente bom comportamento em serviços semelhantes, ou
- b) apresente bom comportamento, avaliado por inspeção visual, quando comprimido por 10 *coberturas (passadas no mesmo ponto)* de um rolo liso com carga no mínimo de 35 Kgf/cm.

A *forma* deve ser tal que o *índice de forma* (DNER-ME-86/64) não deve ser inferior a 0,5. Não se dispondo de aparelhagem referente ao método, pode-se proceder, opcionalmente,

da seguinte maneira: toma-se uma amostra aleatória de 20 partículas do agregado (D/d), e mede-se para cada uma delas o comprimento (maior dimensão) \underline{L} e a espessura (menor dimensão) \underline{e} , com o paquímetro; considera-se todas com a mesma largura $g = (D+d) / 2$. Se $\underline{L} + g \geq 6e$ a partícula é defeituosa. A porcentagem de grãos defeituosos não poderá ultrapassar a 20%.

A *granulometria do agregado* deve obedecer a inequação $d \geq 0,6 D$, onde D é a malha da peneira 100% passando e \underline{d} a da peneira 0% passando. Se a rodovia for de características mais modestas, e se tiver previsto no Projeto, pode-se adotar $d \geq 0,5 D$. Em qualquer hipótese, a tolerância é de 10% na peneira \underline{D} e de 15% na peneira \underline{d} , com no máximo 5% passando na peneira n.º 10 (2,0mm) e 1,0% passando na peneira n.º 200 (0,074mm). Para essas determinações, deve-se usar o procedimento geral do DNER-ME-83/63.

Para o estabelecimento da *classe granulométrica*, além da inequação acima, deve-se Ter: $D \leq 1 \frac{1}{4}$ " (31,8mm) e $d \geq 3/16$ " (4,8mm). Se possível, deve-se adotar uma das três classes granulométricas: I, II e III apresentadas no item 1.

Uma *pequena porosidade* é benéfica pois favorece a adesividade passiva. Entretanto, caso se desconfie de uma alta porosidade (maior que 1,0% de absorção, calculada com os dados do DNER-ME-81/64: $a = 100 (Ph - Ps)/Ps$) e se essa for confirmada, deve-se impedir a britagem da pedra.

Se a pedra for de diabásio ou de basalto, ou de uma natureza mineralógica sujeita a alterações, deve ser realizada a *avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio* (DNER-ME-89/64). Se houver uma pedra superior a 12% com sulfato de sódio, em 5 ciclos, deve-se impedir a britagem da pedra.

Caso se trate de cascalho ou seixo britados, deve-se exigir *pelo menos duas faces britadas*. Deve-se recomendar que a britagem seja feita com uma relação.

$$RB = \frac{\text{dimensão mínima do seixo rolado}}{\text{dimensão máxima do agregado}} > 4$$

A *adesividade* é uma propriedade do par *agregado/ligante* e deve ser determinada com

o ligante que vai realmente usar. Deve-se determinar a adesividade com o CAP-7 (DNER-ME-79/63); se ela for *insatisfatória* deve-se usar um “*dope*”, na proporção mínima de 0,5% e máxima de 0,75%, em relação ao peso do CAP, repetindo-se o ensaio até se encontrar um “*dope*” que no intervalo de % acima apresente um resultado *satisfatório*.

O *melhorador de adesividade* (“*dope*”) deve necessariamente ser adquirido separadamente e incorporado ao CAP no canteiro de serviço. O “*Dope*” deve ser incorporado ao CAP na proporção indicada pelo Projeto caso sejam satisfeitas as condições e os limites acima.

4. DOSAGEM DO AGREGADO E DO LIGANTE ASFÁLTICO

As taxas finais de agregado e do ligante, devem ser determinadas no Canteiro de serviço, após a obtenção de uma quantidade razoável de agregado britado.

Essa determinação deve ser feita no Canteiro de serviço, em verdadeira grandeza, usando-se tantos panos de comprimento mínimo 40m (área correspondente a 40m x 3,5m = 140m²) quantos necessários.

A classe granulométrica a usar deve ser a indicada no Projeto, devendo a Fiscalização sugerir as mudanças porventura julgadas necessárias.

Para o início da experimentação, deve-se adotar para as taxas de agregado e de ligante as obtidas de acordo com as indicações do item (1. CONCEITOS BÁSICOS)

Deve-se observar que as indicações para o agregado se referem ao *agregado a ser espalhado*. Na realidade, o *agregado efetivamente* fixado pelo ligante asfáltico é cerca de 5 a 10% menor.

As taxas deverão ser determinadas pelo tradicional processo da bandeja, pesada antes e depois do espargimento de ligante, e do espalhamento do agregado. Como a dosagem é sempre feita em base volumétrica deve-se determinar a massa específica do material. Para o ligante (CAP ou Emulsão) pode-se considerar $d = 1,0$ Kg/litro, e para

os agregados usar uma caixa de madeira com dimensões internas aproximadamente de 0,30 x 0,30 x 0,20m, tendo-se então: $d = (P2 - P1)/V$, onde d é a densidade solta, $P2$ – massa do agregado + caixa), com a caixa cheia de partículas arrumadas a mão, e rasada o melhor possível, $P1$ é a massa da caixa vazia e V o volume da mesma calculado a base de régua. O valor de d adotado é a média aritmética de pelo menos 9 resultados para a classe granulométrica em questão.

5. EQUIPAMENTO

5.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada a *ordem de serviço*.

5.2 *Os carros distribuidores de ligante asfáltico* devem ser especialmente construídos para essa finalidade, providos de rodas pneumáticas e de suspensão adequadamente rígida, devendo dispor de: *sistema autônomo de aquecimento e de circulação do ligante – isolamento térmico – bomba de pressão regulável – controle de velocidade (tacômetro ou “quinta roda”) – calibradores – termômetros apropriados em locais de fácil acesso – espargidor de operação manual (ou “caneta”)*.

5.3 *Os distribuidores de agregado* devem ser preferencialmente *auto – propulsores*, permitindo-se também os chamados “*spreaders*” (rebocável pelo caminhão) não sendo aceito o tipo *acoplável ao caminhão* que apresenta exagerada *altura de queda* dos agregados.

5.4 Pode-se trabalhar somente com *rolos pneumáticos ou rolos lisos*, ou também com a combinação de ambos. O *rolo liso* deve ser “*tandem*” e apresentar a relação “*peso/largura de roda*” no intervalo 25 a 45 Kgf/cm. O *rolo pneumático* deve ser *autopropulsor* e deve permitir uma calibragem de pneus que abranja pelo menos a faixa de 35 a 120 lb/pol² (2,5 – 8,4 Kgf/cm²).

5.5 É obrigado a disponibilidade de *vassouras mecânicas* eficientes e em boa situação

de uso, o que não exclui o uso complementar de *vassouras manuais*. Em casos especiais poderá a Fiscalização exigir o emprego do *ar comprimido*.

6. EXECUÇÃO

A execução do Tratamento Superficial Duplo – TSD envolve basicamente as seguintes operações:

- Limpeza da superfície adjacente;
- 1º espargimento do ligante asfáltico (1º banho);
- 1ª distribuição dos agregados (1ª camada);
- Compressão da 1ª camada;
- 2º espargimento do ligante asfáltico (2º banho);
- compressão da 2ª camada;
- liberação ao tráfego;
- eliminação dos rejeitos, e
- eventualmente – caso das emulsões asfálticas – espargimento de um banho diluído.

6.1. Limpeza da Superfície Subjacente

A superfície da camada subjacente deve se apresentar *completamente limpa, isenta de pó, poeira ou de outros elementos*. A operação de limpeza pode-se processar por equipamentos mecânicos (vassouras rotativas ou jatos de ar comprimido) ou, em circunstâncias, mesmo por varredura manual. *Eventuais poças d'água*, principalmente nos bordos que apresentam elevações de materiais acumulados, devem ser previamente eliminadas.

6.2. Espargimento do Ligante

Procedida a limpeza, o espargimento do ligante asfáltico só deverá ser processado *se as condições atmosféricas forem propícias*. Recomenda-se pois, não iniciar os trabalhos antes do nascer do sol (superfície subjacente fria e úmida), *sendo proibida a operação quando:*

- a temperatura ambiente for inferior a 12°C para os cimentos asfálticos e a 9°C para as emulsões, e
- em dias de chuva ou sob superfícies molhadas; se o ligante for emulsão, admite-se a execução desde que a camada subjacente não se apresente encharcada.

Quando de trabalho em *temperaturas excessivamente elevadas*, cuidados devem ser tomados se verificar a tendência dos agregados, aquecidos pelo sol, *aderirem aos pneus dos rolos e dos veículos*.

Relativamente à temperatura de espargimento do ligante, deverá ser ela determinada em função das relações viscosidade – temperatura, exigindo-se o seu enquadramento na faixa de viscosidade 20 a 60 Seg. A curva viscosidade x temperatura deve ser traçada com pelo menos dois pontos: 177°C e 135°C no caso de CAP – 7 (CAP-150/200) e 80°C e 50°C no caso do RR-2C.

No caso da utilização de agentes melhoradores de adesividade (recomendados também quando da necessidade de trabalho em condições atmosféricas próximas da crítica) exige-se (usado somente no caso de CAP).

- que este aditivo seja adicionado ao cimento – asfáltico, no canteiro da obra, obrigando-se processar a circulação da mistura ligante asfáltica-aditivo. *Preferencialmente, deve-se fazer esta mistura com a circulação do ligante betuminoso, no caminhão.*

Os materiais asfálticos deverão ser aplicados de uma só vez em toda a largura a ser trabalhada e o espargidor, ajustado e operado de modo a distribuir o material uniformemente; depósitos excessivos de material asfáltico devem ser prontamente eliminados.

A *extensão do banho asfáltico* em cada etapa construtiva deverá ser condicionada às seguintes exigências:

- manutenção da capacidade de “molhagem” (adesividade ativa), garantida ao não se deixar arrefecer os ligantes aplicados a quente ou processar a ruptura

das emulsões asfálticas; *as extensões a serem executadas não devem exceder 300m.*

- capacidade operacional de cobertura rápida com os agregados; no caso de paralisação súbita e imprevista do distribuidor, os agregados deverão ser espalhados manualmente, na superfície já coberta com o material asfáltico.

a) Juntas Transversais de Execução:

- A cada parada do espargidor (etapas de trabalho), o recomeço exige certas precauções com o objetivo de se evitar os inconvenientes oriundos do fato de a homogeneidade de espargimento só ser atingida alguns instantes após a abertura das válvulas. *Desta forma, recomenda-se que se cubra a seção transversal de trabalho com uma faixa estreita de papel “Kraft” ou similar, sobre a qual deverá se processar o espargimento ainda heterogêneo.* Este procedimento simples permite obter, após a retirada do papel, uma continuidade executiva sem excesso e sem falta de ligante.

Deve haver uma defasagem entre o final da 1ª camada e o final mais próximo da 2ª camada da ordem de 2 a 3 metros.

b) Juntas Longitudinais de Execução

- Para se garantir a perfeita função Longitudinal das faixas executadas individualmente, recomenda-se um recobrimento da faixa primeiramente construída numa largura pequena, a ser definida no canteiro de obras - função dos materiais e do tipo da barra distribuidora e dos bicos espargidores.

As juntas longitudinais referentes a 1ª e à 2ª camada devem se encontrar desencontradas pelo menos em 0,10m.

6.3. Distribuição de Agregados

A distribuição dos agregados deve seguir de perto a operação de espargimento do ligante betuminoso. Um espaçamento da ordem dos 50m é razoável, devendo-se ter em conta as seguintes regras práticas:

- a uma mesma temperatura, quanto maior a viscosidade do ligante a empregar, tanto menor deverá ser o espaçamento;
- a uma mesma viscosidade do ligante a empregar, quanto menor for a temperatura ambiente, tanto menor deverá ser o espaçamento;

A operação de espalhamento deverá ser realizada pelo equipamento especificado e, quando necessário, para garantir uma cobertura uniforme, complementada com processo manual adequado. *Excessos de agregado devem ser removidos antes da compressão e as juntas longitudinais e transversais alvo de cuidados específicos.*

6.4. Compressão dos Agregados

Os agregados, após espalhamento, deverão ser comprimidos o mais rapidamente possível. Nos trechos em tangente, a compressão deve-se iniciar pelos bordos e progredir para o eixo e, nas curvas, deverá progredir sempre do bordo mais baixo para o bordo mais alto.

O número de passadas do rolo compressor deve ser no mínimo 3, sendo que cada passagem deverá ser recoberta, na vez subsequente, em pelo menos a metade da largura do rolo; acredita-se que a compressão total se processa ao cabo de um número máximo de 5 *coberturas* (números de passadas no mesmo ponto).

A primeira camada deverá receber individualmente apenas uma fraca compressão, procedimento este que faculta corrigir eventuais falhas e ou excessos. A seguir, executa-se a segunda camada, analogamente à primeira, procedendo-se contudo a compressão nos moldes exigidos.

A velocidade dos engenhos de compressão deve ser limitada e compatível com a

inversão de marchas que se faz necessária. Devem ser atendidas as orientações:

- primeiras passadas: 2 a 3 Km/h
- passadas restantes: 8 a 10 Km/h (com pressão de enchimentos dos pneus da ordem de 100 a 120 lib/pol²)

É fundamental que a primeira rolagem se processe imediatamente após a distribuição dos agregados, compondo a integração do comboio de execução (espargidor de ligante - distribuidor de agregados - rolos de compressão) a ser disposto sequencialmente e de forma igualmente espaçada. As passadas subsequentes poderão ser efetuadas com maior intervalo de tempo.

6.5. Liberação ao Tráfego

A liberação ao tráfego de um trecho de tratamento superficial recém construído é sempre delicado. O momento ideal corresponde àquele em que o ligante asfáltico (puro ou residual) atinge seu estágio de consistência “definitivo”, condição esta possível de se obter somente em estradas não sujeitas ao tráfego usuário. *No caso de estradas sujeitas a tráfego usuário, não será este permitido, em nenhuma hipótese, antes da compressão dos agregados de cada camada. Especificamente, tendo-se em conta o tipo do ligante asfáltico, recomenda-se.*

- Cimento Asfáltico:

A liberação pode-se processar após o resfriamento total do ligante, exigindo-se o controle de velocidade do tráfego usuário - velocidade máxima de 40Km/h.

- Emulsão Asfáltica:

O tráfego só deverá ser liberado após se assegurar do desenvolvimento completo da adesividade passiva (resistência ao arrancamento), propriedade que nesta alternativa requer tempos maiores; esta avaliação deve ser efetuada no começo da obra, estabelecendo-se, para orientação inicial, um repouso da ordem de 48 horas, o qual poderá ser alargado ou reduzido consoante as constatações.

6.6. Eliminação dos Rejeitos

A forma de composição dos agregados no TSD implica numa inevitável parcela de rejeição, necessária a *perfeita composição do mosaico de agregados - sem a criação de nenhuma estrutura alveolar*.

Sob condições normais de execução, as partículas de agregado da 1ª camada que não são fixadas pelo ligante são praticamente eliminadas durante a mesma, sendo muito pequena a parte residual (no máximo de 2%). Entretanto, mesmo essa pequena parte deve ser eliminada antes do 2º banho, para evitar que sejam fixadas as partículas soltas formando uma *estrutura alveolar*.

A 2ª camada de TSD tende a apresentar uma maior parcela residual, incluindo também uma parcela de partículas mal fixadas, numa posição instável. Os procedimentos de limpeza - *eliminação dos rejeitos*, deve ser efetuada após os primeiros dias de ação do tráfego usuário (5 a 10 dias), pois: *as partículas soltas, sob a ação das cargas do tráfego, propiciam o arrancamento daquelas que se encontram fixadas e dificultam a formação de um bom mosaico*.

6.7. Aplicação do Banho Diluído de Emulsão Asfáltica

Uma vez processada a eliminação dos rejeitos pelo tráfego usuário e pelos procedimentos de limpeza, *uma alternativa construtiva de grande sucesso e aceitação, tem se apresentado*, quando se trabalha com emulsão asfáltica: a aplicação de um “reforço de asfalto”, obtido através

de um banho diluído de emulsão asfáltica em água (0,4 : 0,4) numa taxa de ordem de 0,8 l/m² sobre a 2ª camada de agregado. Essa taxa de 0,4 l/m² de emulsão deve ser subtraída da taxa adotada para a emulsão do 2º banho.

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1. Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados no Tratamento Superficial Duplo tenham características satisfazendo às Especificações Gerais em vigor na AGETOP.

7.1.1 Emulsões Asfálticas

- a) Uma emulsão asfáltica *só poderá ser descarregada no canteiro de serviço se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.*
- b) Em todo o *carregamento de emulsão* que chegar à obra serão realizados os seguintes ensaios, *no laboratório de campo*:
 - Viscosidade Saybolt - Furol (Método P-MB-581)
 - Peneiração (P-MB-609)
 - Carga de Partícula (P-MB-563)
 - % de CAP Residual (Método Expedito - “Coloca-se cerca de 200,0g de emulsão num recipiente o mais leve possível, pesado a 0,1g sem e com a amostra que é levada ao fogo direto até constância de peso; por diferença de peso calcula-se a % de CAP residual em relação ao peso amostra”).
- c) A emulsão será “*aprovada*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).
- d) Se a emulsão não for considerada (AP) conforme o item c, mas se os resultados dos

ensaios satisfizerem a seguinte situação: o valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo:

x = 15 para “viscosidade”

x = 20 para a “Peneiração”

x = 2 para a “% de CAP Residual”

Não havendo tolerância para a “Carga de Partícula (“Positiva), então a emulsão será “aprovada sob reserva “ (APSR). Em caso contrário é considerada “não aprovada” (NAP).

- e) Se a emulsão for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se a emulsão for (NAP) - “*não aprovada*” o carregamento correspondente *deve ser rejeitado*, sendo *terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- f) Se a emulsão de um carregamento for considerado (NAP), deve-se “circular” a emulsão no caminhão e, em seguida, repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 10 em 10 carregamentos, será tomada uma amostra de emulsão e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP* onde serão executados os Ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será *suspenso o fornecimento da emulsão asfáltica*, quando:
 - h.1) ocorrem mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);

h.2) o número $\overline{n_1}$ de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número $\overline{n_2}$ de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $\overline{n_2} \geq 20$;

h.3) o laboratório central da AGETOP assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.

i) O fornecimento da emulsão asfáltica só será restabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos serão traçadas as curvas “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos.

7.1.2 Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)

a) Um CAP só poderá ser descarregado no *Canteiro de serviço* se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.

b) Em todo carregamento de CAP que chegar a obra serão realizados os seguintes ensaios, *no laboratório de Campo*:

- Viscosidade Saybolt-Furol (P-MB-581)
- Ponto de Fulgor (MB-50)
- Espuma (aquecido a 175° não deve produzir espuma).

c) O CAP será “*aprovado*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).

d) Se o CAP não for considerado (AP) conforme o item c, mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores

exigidos, sendo:

$\underline{x} = 15$ para a “viscosidade”

$\underline{x} = 10$ para o “Ponto de Fulgor”

Não havendo tolerância para a “Formação de Espuma”, então o CAP será “*aprovado sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerado “não aprovado” (NAP).

- e) Se o CAP for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se o CAP for (NAP) - “Não aprovado” o carregamento correspondente *deve ser rejeitado, sendo terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- f) Se o CAP de um descarregamento for considerado (NAP), deve-se tomar nova amostra no caminhão e repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais de duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 6 em 6 carregamentos, será tomada uma amostra do CAP e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP* onde serão executados os ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será *suspenso o fornecimento da CAP*, quando:
 - h.1) ocorrem mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - h.2) o número \underline{n}_1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número \underline{n}_2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $\underline{n}_2 \geq 20$;
 - h.3) O *Laboratório Central da AGETOP* assim o determinar, tendo em vista os

resultados por ele encontrados.

- i) O fornecimento do CAP só será restabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos serão traçadas as curvas “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos.

7.1.3 Agregados

- a) Antes do *início da britagem* deverão ser confirmados os valores de *absorção*, de abrasão *Los Angeles* e, se for o caso, de *durabilidade*, através de ensaios em 3 amostras estrategicamente coletadas. Somente após essa confirmação *poderá ser autorizada a britagem* pela Fiscalização. Posteriormente, esses ensaios só serão repetidos em caso de desconfiança provocada pelo comportamento da brita, ou da mudança de fonte de agregado.
- b) A Fiscalização manterá um “*Fiscal de Agregados*” permanentemente na área de estocagem de agregados, que também fiscalizará as operações de britagem e demais beneficiamentos do agregado (peneiramento, lavagens, etc.), com poderes para impugnar qualquer agregado devido a presença de *pó, torrões de argila, partículas moles, etc.*
- c) Verificada a impossibilidade de se retirar o pó porventura existente com um simples peneiramento, *será obrigatório a lavagem do agregado.*
- d) Para aproximadamente cada 30m³ de agregado estocado será retirada aleatoriamente uma amostra para os ensaios de:
 - Granulometria (DNER - ME - 83/63), e de
 - Índice de Forma (DNER - ME - 86/64) ou Partículas Defeituosas (ver item 3.3. desta Especificação).

Deve ser assinalada a posição de lote de 30m³ na praça de estocagem, correspondente à amostra retirada.

- e) se os resultados dos 2 ensaios citados em (d) satisfizerem ao exigido no item 3.3. desta Especificação, com as respectivas tolerâncias, o correspondente lote de 30m³ fica “*aprovado*” (AP) e liberado para ser transportado para a pista. Em caso contrário retira-se do lote em questão mais 10 amostras aleatórias repetindo-se em cada uma delas o ensaio de resultado insatisfatório. Se pelo menos 7 resultados forem satisfatórios então o lote fica (AP) e pode ser transportado para a pista; em caso contrário o lote é declarado “*não aprovado*” (NAP) devendo ser, a critério da Fiscalização, beneficiado (britagem, peneiramento, etc.) ou definitivamente abandonado.

7.1.4 Melhoradores de Adesividade (“Dopes”)

- a) Não é permitida a aquisição de CAP já condicionado do “Dope”, que deve ser incorporado no canteiro de serviço.
- b) Cada carregamento de “Dope” que chegar à obra será objeto de Ensaio de Adesividade (DNER - ME - 79/63) com o CAP e o agregado que vão ser usados. Por questão de homogeneização com o CAP não se deve usar menos de 0,5% de “Dope” em relação ao peso de CAP; também não deve-se usar mais de 0,75% por ser antieconômico, devendo-se, se for o caso, trocar de “Dope”.
- c) Aprovado e quantificado um “Dope”, faz-se a mistura em cada caminhão de CAP através de circulação com auxílio de bomba. Retira-se uma amostra e realiza-se o Ensaio de Adesividade; se o resultado for “*satisfatório*” o caminhão fica liberado e em caso contrário procede-se a novas circulações até se obter o resultado “*satisfatório*”.

7.2. Execução

- a) A condição essencial é que o serviço seja executado de modo a seguir o estabelecido para as taxas de ligante e de agregado, obedecendo às demais prescrições desta Especificação e do projeto.
- b) Além do pessoal do “Laboratório de Campo” e de um “Fiscal de agregados”, deverá haver um “Fiscal de Pista” que acompanhe todos os detalhes de execução e dos equipamentos. Será exigida também a presença permanente do “Fiscal de Campo”, do “Engenheiro Conductor da Obra” e do “Engenheiro Fiscal”.
- c) Para cada aproximadamente 500m² de camada executada serão feitas - uma determinação da *taxa de ligante* e uma determinação da *taxa de agregado*, como uso de bandejas (as mais leves possíveis) como indicado no item 4, desta Especificação. A área da bandeja deve ser da ordem de 0,20m². Para o CAP é vantajoso se usar uma placa de cartolina de 0,40 x 0,50m com uma massa de algodão absorvente nela colada, pois pesa bem menos que uma bandeja. Essas taxas são determinadas *em peso*, devendo ser convertidas para *em volume* através da *densidade solta* (determinada numa caixa indeformável de volume conhecido (“a régua”) onde as partículas de agregado são arrumadas a mão, e *rasada* o melhor possível.
- d) Para $12 \geq N \geq 9$ determinações sucessivas de cada uma das taxas, calcula-se, para cada camada:

$$\bar{X} = \Sigma X_i / N \text{ (média aritmética)}$$

$$s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$$

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s$$

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s$$

Nota: são desprezados os valores individuais X_i fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

- e) Sendo t_{\min} e t_{\max} respectivamente as taxas mínima e máxima fixadas experimentalmente no campo pela Fiscalização, para o agregado e para o ligante, o serviço será “*aprovado*” (AP) se:

$$X_{\min} \geq t_{\min} \text{ e } X_{\max} \geq t_{\max}$$

- f) Se o serviço não for considerado (AP) conforme item (e), mas se os resultados satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x% dos valores exigidos, sendo.

X = 20 para as taxas de agregado (máxima e mínima)

X = 10 para as taxas de ligante (máxima e mínima),

Então a emulsão será “*aprovada sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerada “*não aprovada*” (NAP).

- g) Se o serviço for (AP) ele *será imediatamente aceito sem nenhuma restrição*, se for (APSR) será *aceito desde que sejam executadas as “medidas corretivas” indicadas pela fiscalização, e se for “não aprovado” (NAP) não será aceito*, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar: se for falta ou excesso de ligante na 1ª camada compensar na 2ª camada, cobrir a 2ª camada com uma mistura asfáltica, etc.

7.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciados os serviços de Tratamento Superficial Duplo, serão traçados gráficos onde em *abcissas* constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou a quilometragem), para cada camada:

a.1) CAP “Viscosidades (SF)” e “Ponto de Fulgor”

ou

Emulsão “Viscosidades (SF)”, “% de CAP residual” e “Peneiração”.

a.2) Agregado - “% passando na peneira d ”, “% retida na peneira D” e “Índice de Forma” (ou “% de partículas defeituosas”).

a 3) Execução - “Taxa de Ligante “ e “Taxa de Agregado”.

b) A *Fiscalização* (Supervisora e/ou AGETOP) elaborará *Relatórios Mensais*, obrigatoriamente assinados (e rubricados em todas as páginas) pela Construtora, contendo: os gráficos citados em (a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos *relacionados com a qualidade da obra*. Esses Relatórios mensais deverão ser arquivados em 2 vias: uma no laboratório Central e a outra na diretoria de Obras da AGETOP.

8. CONTROLE GEOMÉTRICO

Evidentemente, a *espessura* de um tratamento Superficial Duplo é definida pelos tamanhos dos agregados das duas camadas

Por outro lado, o *acabamento de sua superfície* é função praticamente exclusiva do *acabamento da base*. Se o acabamento da base é *bom* e o agregado foi bem controlado, o acabamento do TSS *também é bom*.

Não se pode, e não se deve tentar a *regularização* de uma superfície com um TSD, com amplitudes superiores a 10mm.

O CONTROLE GEOMÉTRICO de um TSD se resume em, antes de usá-lo *verificar se a superfície a ser tratada tem um bom acabamento*, e se não tiver, *em evitar*

que o TSD seja usado.

9. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

Para a execução de revestimento asfáltico do tipo tratamento superficial são necessários trabalhos envolvendo a utilização de materiais betuminosos e britas. Dessa forma, os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a obtenção e aplicação de brita e o estoque e aplicação do asfalto recomendado. No decorrer do processo de obtenção da brita devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- b) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- c) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- d) as estradas de acesso deverão seguir as recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- e) deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

Relativamente aos ligantes betuminosos, a recomendação principal é quanto aos depósitos:

- a) Evitar a instalação, de depósitos de ligante betuminoso, próxima a curso d'água;
- b) A área dos depósitos deverá contar com uma canalização (valeta) que capte qualquer derrame acidental em uma caixa, para sua posterior retirada, evitando contaminação dos solos e das águas;
- c) Impedir o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas lindeiras adjacentes, ou qualquer outro lugar causador de prejuízo ambiental;
- d) Na desmobilização desta atividade, remover os depósitos de ligante e efetuar a limpeza do local, recompondo a área afetada pelas atividades da construção;
- e) Quanto a execução cabe lembrar que não deve ser permitida a descarga do espargidor, mesmo para teste sobre o solo ou nas proximidades de cursos d'água. Para executar os eventuais testes com o objetivo de verificar se existe falha de bico, deve ser providenciado um coletor apropriado que evite o derrame sobre o solo.

10. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um serviço de Tratamento Superficial Duplo será medido e pago de acordo com os *PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP*.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Uma Camada Asfáltica de um Pavimento pode ser classificada em:

- *Por Penetração*
 - *Por Mistura*
- } na pista (Usina móvel, lâmina de "patrol", etc)
} em usina (Usina fixa - volumétrica ou gravimétrica)

Essa *Camada Asfáltica*, pode ser um *Revestimento*, uma *Base* e mais raramente uma *Sub-Base*.

1.2 Os Tratamentos Superficiais, Simples e Duplo, são exemplos de *Revestimentos por Penetração – Penetração Invertida*, que têm uma espessura máxima da ordem de 3,0cm.

Para espessuras maiores a *Penetração Invertida* não funciona, pois o ligante penetra *principalmente de baixo para cima* (com as emulsões asfálticas tem-se também uma boa *penetração para baixo “Direta”*), tendo-se de apelar para a chamada *penetração direta* – A Camada Asfáltica recebendo o nome de *Macadame Asfáltico*.

1.3 As *Misturas Asfálticas* preparadas na pista que são chamadas de *Misturas “In Situ”* e as previamente misturadas são chamadas de *Pré Misturados*, que podem ser: a *Quente* ou a *Frio*.

Pré-Misturado a Quente (PMQ) – “é aquele que não pode ser espalhado e compactado à temperatura ambiente”, mas somente em temperaturas bem elevadas (90°C – 170°C); é usado o CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo, e evidentemente, é *misturado* “a quente” (em temperaturas um pouco superior à de espalhamento).

Pré-Misturado a Frio (PMF) – “é aquele que pode ser espalhado e compactado á temperatura ambiente, podendo ser, ou não ser moderadamente aquecido durante a mistura. Evidentemente, é usado um *Asfalto Fluidificado*, ou seja, uma Emulsão Asfáltica (EA) ou um Asfalto Diluído (AD) (CAP + Solvente). Nota-se, que, praticamente, os ADS foram abandonados tendo-se em vista a enorme vantagem das EAs.

1.4 Em princípio, uma *Mistura a Quente* é superior a uma *Mistura a Frio*, porque esta última, necessitando da evaporação de bastante solvente (caso do AD) ou de pelo menos de uma quantidade apreciável de água (caso da EA) após *ser compactada*, tem de apresentar uma

porcentagem de vazios (% Vv) mínima – superior à mínima % Vv que a Mistura a Quente deve apresentar (geralmente 3% para ter em conta o adensamento provocado pelo tráfego, e a diferença de dilatação entre o asfalto e a pedra, para evitar a exsudação).

Quanto maior a % Vv de uma Mistura Asfáltica mais depressa seu *asfalto envelhece* (“oxidação do asfalto” por incorporação de moléculas de oxigênio do ar dentro dos vazios, funcionando a “luz solar” como catalizador), e menos impermeável ela é.

1.5 A classe mais nobre de PMQs tem recebido internacionalmente o nome particular de *Concreto Betuminoso* (o ligante “betuminoso” podendo ser o “asfalto” ou o “alcatrão”), ou de *Concreto Asfáltico (CA)* quando se considera somente o “ligante asfáltico” (no Brasil, abandonou-se o “alcatrão”). A % Vv de um CA é geralmente especificada entre 3 e 6%.

As Misturas a Quente mais modestas (com maior % Vv e com menores exigências em outras “características”, como na chamada “*estabilidade*” – resistência à deformação), tem-se chamado simplesmente de Pré-Misturados a Quente – PMQ.

Encontra-se em várias publicações do DNER os termos Concreto Asfáltico – CA e Pré-Misturado a Quente na acepção acima exposta, mas em suas “Especificações Gerais” chama o CA de Concreto Betuminos Usinado a Quente – CBUQ (DNER-ES-P 22/71) e não define o Pré-Misturado a Quente – PMQ.

Nesta Especificação usa-se a denominação *Concreto Asfáltico – CA* como um caso especial de *Pré-Misturado a Quente – PMQ* (*sinônimo de CBUQ do DNER*), sendo o PMQ e o PMF definidos nas Especificações respectivas.

1.6 Um Pré-Misturado Fino, não existindo o agregado graúdo, recebeu respectivamente as denominações de: *Areia Asfalto a Quente – AAQ* e *Areia Asfalto a Frio – AAF*.

1.7 Já se tem conseguido no laboratório, e em algumas obras bem controladas no Campo, executar um Pré-Misturado a Frio – PMF, à base de EA, com as características de um CA (ou CBUQ), tendo-se então o que se pode chamar de *Concreto Asfáltico a Frio*. Entretanto, no Brasil, ainda não se conseguiu *por ao ponto* de um modo econômico um *Concreto Asfáltico a Frio*, embora tudo indique que isso será feito em futuro próximo.

1.8 É de se notar que o CAP muito aquecido exige, para um bom envolvimento, que o

agregado esteja também muito aquecido (de 5 a 10°C acima da temperatura do CAP). Num PMF, mesmo que se aqueça o ligante asfáltico (geralmente uma EA), *nunca se aquece o agregado*. Por isso, também se tem definido uma Mistura a Quente como “*aquela em que se aquece o agregado*”.

1.9 Um Concreto Asfáltico é geralmente dosado pelo *Método Marshall*, cujas principais grandezas intervenientes, são:

Massa Específica Aparente (Da) – Massa Específica Teórica (Dt) – Porcentagem de Vazios (% Vv) – Relação Betume/Vazios (% RBV) – Estabilidade Marshall – Fluência Marshall (ver Fig. 1).

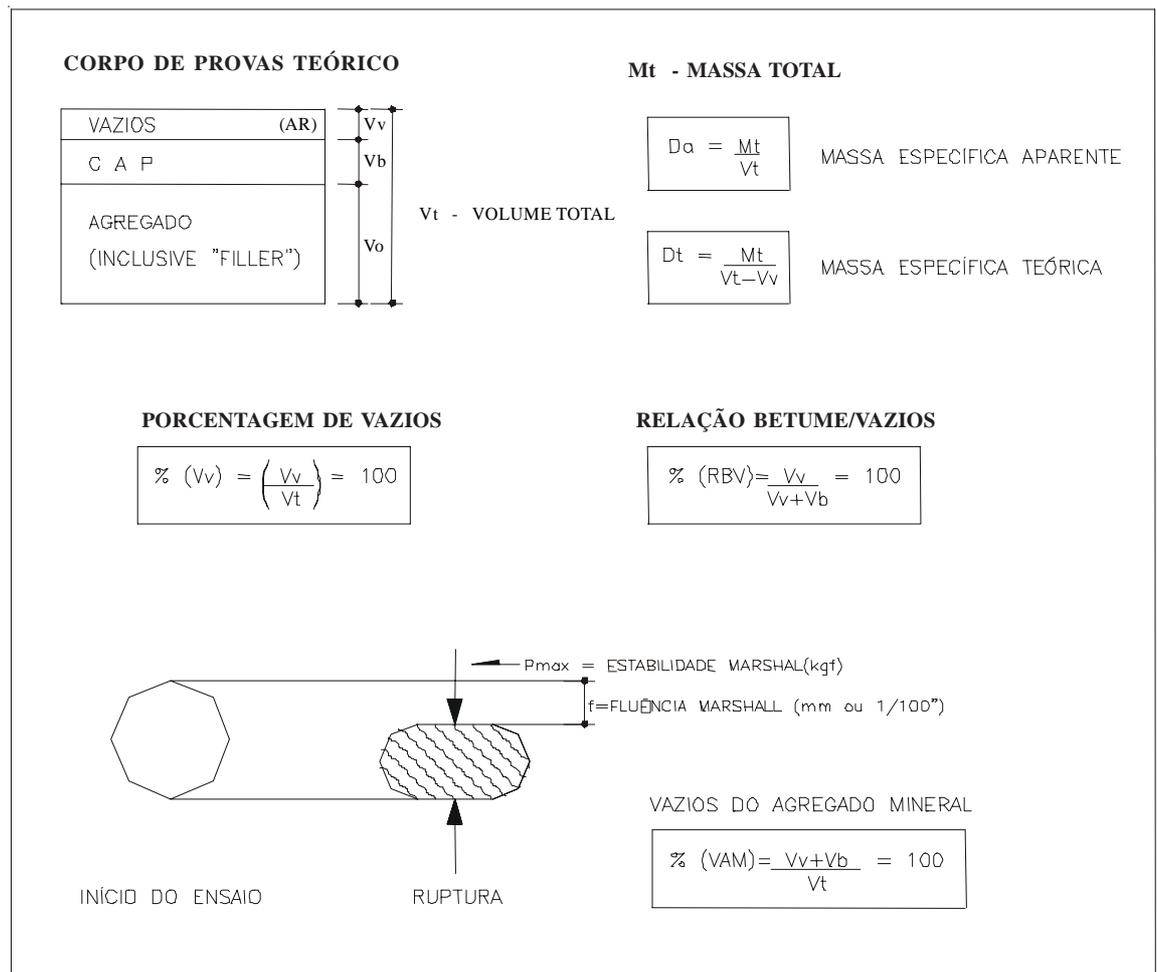


Fig. 1

Para se ter uma primeira idéia do teor de CAP para se efetuar a “dosagem Marshall”, pode-se usar a *fórmula simplificada do Prof. Duriez*:

$$p = K \cdot \sqrt[3]{2,5 + 1,3 f}$$

onde:

p - % em peso de CAP em relação aos agregados (inclusive “filler”)

f - % passando na peneira n.º 200 (“filler”)

K = Módulo de Riqueza = 3,75

Exemplo:

$$\underline{f = 1\% - p = 4,9\%}; \quad \underline{f = 10\% - p = 6,5\%}$$

1.10 Note-se que no CA é obrigatório o uso do “Material de Enchimento” (filler”), geralmente – pó calcário, cal hidratada, gesso, cimento portland, amianto, etc., que tem as principais funções de:

- a) complementar os *finos naturais* dos agregados, de modo a se ter uma dosagem certa do material de enchimento;
- b) aumentar a *consistência* e diminuir a *suscetibilidade térmica* do CAP;
- c) melhorar a *adesividade* (principalmente com os *agregados eletronegativos*: granito, gnaisse, arenito, quartzito, etc.).

Observe-se que no CAP além da obrigatoriedade do “filler” existe a da utilização de “agregados britados”, não havendo tais condições para o PMQ.

1.11 Como se trata de uma *Mistura a Quente*, o CA dispensa o uso de “Melhoradores

de Adesividade” (“Dopes”), desde que o “Filler” (“eletropositivo”) seja capaz de propiciar aos agregados “eletronegativos” a necessária adesividade (o asfalto é “eletronegativo”).

1.12 Por ou lado, não se deve confundir *Concreto Asfáltico “mal feito”* com *Pré-Misturado a Quente*. Um *Concreto Asfáltico “mal rolado”*, por exemplo por falta de rolos adequados, terá uma grande $\%V_V$, aumentando a “permeabilidade do ar” e a “permeabilidade à água”, com grande redução da *vida de serviço* do pavimento. É conveniente lembrar que uma *rolagem* com CA em baixa temperatura além de fornecer uma baixa densidade, ainda pode provocar o surgimento de trincas.

1.13 O *Concreto Asfáltico – CA* é usualmente empregado, como:

- a) *Revestimento Asfáltico* em uma só camada;
- b) *Revestimento Asfáltico* em duas camadas – quando a superior recebe o nome de *Camada de Rolamento* (ou “*Capa*”) e a inferior o de *Camada de Ligação* (ou “*Binder*”);
- c) *Camada de Regularização* (ou de “*Nivelamento*” ou de “*Perfilamento*”) (ver Fig. 2).



Fig. 2

1.14 A “*Capa*” tem geralmente: agregado de menor $D_{máx}$, menor $\%V_V$, maior $\%(RBV)$, e consome um pouco mais de “Filler” e de “CAP”.

O “*Binder*”, de maior dimensão, tem geralmente: agregado de maior $D_{máx}$, maior %Vv, menor % (RBV), consome menos “Filler” (é conveniente pelo menos 1%, em peso) e menos “CAP”.

A “*Camada de Perfilamento*” tem espessura variável, e em certos casos pode ser necessário ser espalhada com “lâmina de motoniveladora” (“patrol”); nesse último caso, deve-se projetar uma “Mistura Asfáltica” *mais fina* ($D_{máx} = 3/8 = 9,5$ mm), *bem trabalhável* com %Vv entre 1 e 3% (não há inconveniência de uma ligeira exsudação) – ou seja, uma mistura que não se enquadra como CA, que deverá ser definida nas ESPECIFICAÇÕES PARTICULARES.

1.15 Pode-se usar, evidentemente, uma *BASE* de CA, mas geralmente não se faz por não haver justificativa econômica, pois o PMQ normalmente o substitui, e até mesmo com vantagem técnica.

1.16 Um *Concreto Asfáltico* – CA se deteriora principalmente por *fadiga* decorrente de seu *trabalho de tração na flexão* durante a *vida de serviço*.

Uma carga solicitando um Pavimento desperta uma *tensão de tração na flexão* – σ_{tf} na face inferior do Revestimento Asfáltico (por exemplo, de CA, que provoca a ruptura do mesmo após a N – enegésima aplicação da carga (considera-se, geralmente, a proveniente do “eixo simples padrão” de 18.000 libras força = 8,2 tf): é o fenômeno da *fadiga*.

A tensão de tração σ_{tf} pode ser determinada considerando-se o “Pavimento” como uma superposição de camadas elásticas de espessura h_i (Módulos de Elasticidade E_i e Coeficiente de Poisson μ_i), apoiado sobre o “Subleito” (ou “Terreno de Fundação”) considerado como “semi-infinito” ($h_i + 1 = \infty$, $E_i + 1$, $\mu_i + 1$) e elástico (no sentido de Boussinesq), conforme Fig. 3.

Para cada valor de N existe um valor σ_{tf} , limite acima do qual o Revestimento Asfáltico (por exemplo, de CA sofre *ruptura*. A curva “ σ_{tf} limite x N” pode ser determinada no laboratório com o chamado “ensaio de fadiga” (é necessário especificar-se a temperatura t e o tempo de aplicação de carga t do ensaio, pois o “asfalto” confere à “Mistura” propriedades “termoplásticas” e de “viscoelasticidade”).

Para um determinado conjunto “Pavimento/Subleito” fazendo-se variar apenas a espessura h_R do revestimento, mantendo-se constante os demais fatores intervenientes, encontra-se que, para até uma determinada espessura $h_R = h'$, σ_{tf} é muito pequena (sempre menor de σ_{tf} limite), tornando-se negativa (“compressão para espessuras menores (a Mistura Asfáltica resiste muito melhor à “compressão” do que à “tração”). Para as condições usuais de h_i , E_i e μ_i , tem-se $h_R = h'$ da ordem de 2,5cm.

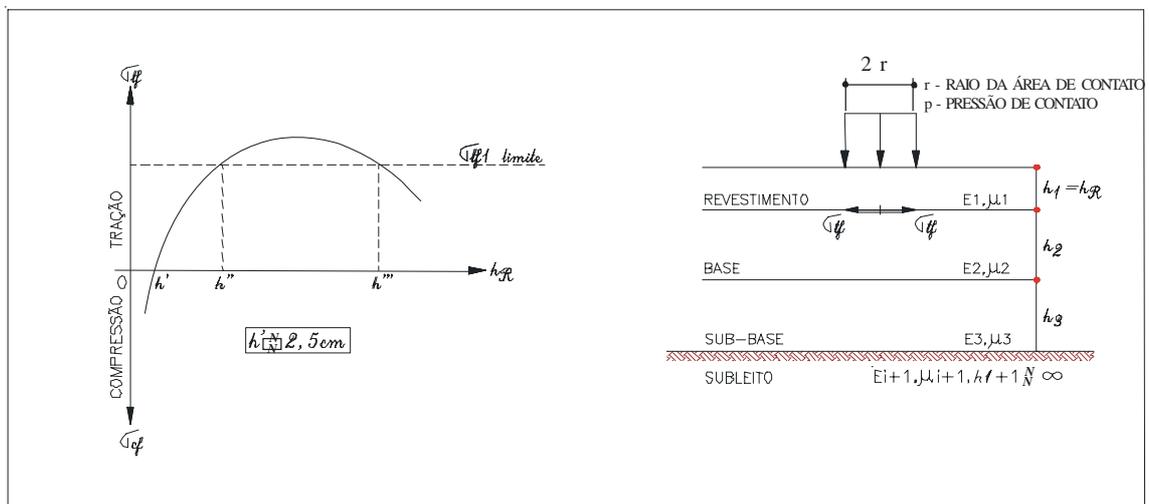


Fig. 3

Observa-se, por outro lado, que uma *Mistura Asfáltica* para fugir da “fadiga” deve ter uma espessura $h'' \geq h_R \geq h'''$.

Por exemplo, pode-se encontrar para Revestimento de CA: $h'' = 3,5\text{cm}$ e $h''' = 17,0\text{cm}$.

Como geralmente $h_R = 3,5\text{cm}$ de CA é insuficiente para proteger a Base, as demais camadas do Pavimento e o Subleito, ter-se-ia de adotar $h_R = 17,0\text{cm}$, que é evidentemente antieconômico.

Por que isto acontece? Porque σ_{ft} é bem elevada, devido a um CA relativamente *rígido* (por exemplo $E_1 = 30.000 \text{ kgf/cm}^2$) estar apoiado sobre uma *Base* (por exemplo *Granular*,

com $E_2 = 5.000 \text{ kgf/cm}^2$) relativamente *flexível*; o Revestimento de CA irá *fletir* muito, despertando uma grande σ_{tr} .

Caso se use um “*Binder*” de *rigidez intermediária* ($E'1 = 15.000 \text{ kgf/cm}^2$ entre o CA e a Base Granular, o CA vai ficar *melhor apoiado*, vai *fletir menos*, e pode-se conseguir uma *configuração melhor*, por exemplo:

$$h_1(\text{Capa}) = 4,0\text{cm} \quad \text{e} \quad h_2(\text{Binder}) = 7,0\text{cm}$$

Ou seja, um Revestimento de 11,0cm de CA em vez de 17,0cm de CA, além de se ter nessas 11,0cm, 7,0cm de Binder (mais econômico).

O *Binder* ($E'1 = 15.000 \text{ kgf/cm}^2$) como que serve de *Camada de Ligação Estrutural* entre a *Capa* ($E_1 = 30.000 \text{ kgf/cm}^2$) e a *Base* ($E_2 = 5.000 \text{ kgf/cm}^2$).

O *Binder* tendo um menor módulo E do que a *Capa* vai também apresentar uma menor Th, limite (supôs-se que $h'1 = 7,0\text{cm}$ é suficiente para manter a condição $\sigma_{\text{tr}} \leq \sigma_{\text{tr, limite}}$). Essa é a verdadeira vantagem do *Binder*.

1.17 Numa dosagem de uma Mistura Asfáltica, a variação de certos fatores tem um profundo reflexo no valor do módulo E. Por exemplo, aumentando-se a *Viscosidade do CAP* (usando-se um CAP mais viscoso e/ou aumentando-se a quantidade de “*Filler*”) e diminuindo-se a %Vv consegue-se aumentar o valor de E. Há uma grosseira correlação entre a Estabilidade “Marshall” e o Módulo “E”, Deve-se evitar altos valores de E, pois os valores de σ_{tr} no Revestimento seriam muito elevados.

Numa Camada de CA deve-se pois limitar o valor da *Estabilidade Marshall inferior e também superiormente*.

1.18 A *faixa de viscosidade* permissível para o CAP ser misturado com o *agregado* em usina é de 75 – 150 segundos SF (Saybolt Furol) sendo a ideal de 75 – 95 s (SF). Acontece que o CAP é muito *termosensível*, havendo uma *Curva “Viscosidade x Tem-*

peratura” para cada tipo de CAP, que deve ser *obrigatoriamente traçada no campo*. Essa curva é praticamente uma *linha reta* no sistema semilogarítmico “T x log V”. Pode-se traçar essa *reta* com 3 pontos de *abscissas*: 107°C, 135° e 177°C, sendo que essa última temperatura não deve, *em hipótese alguma*, ser ultrapassada pelo agregado na usina (5°C a 10°C acima da temperatura do CAP), pois há perigo de se “*craquear*” (ou “*oxidar*”) o CAP (ver Fig. 4).

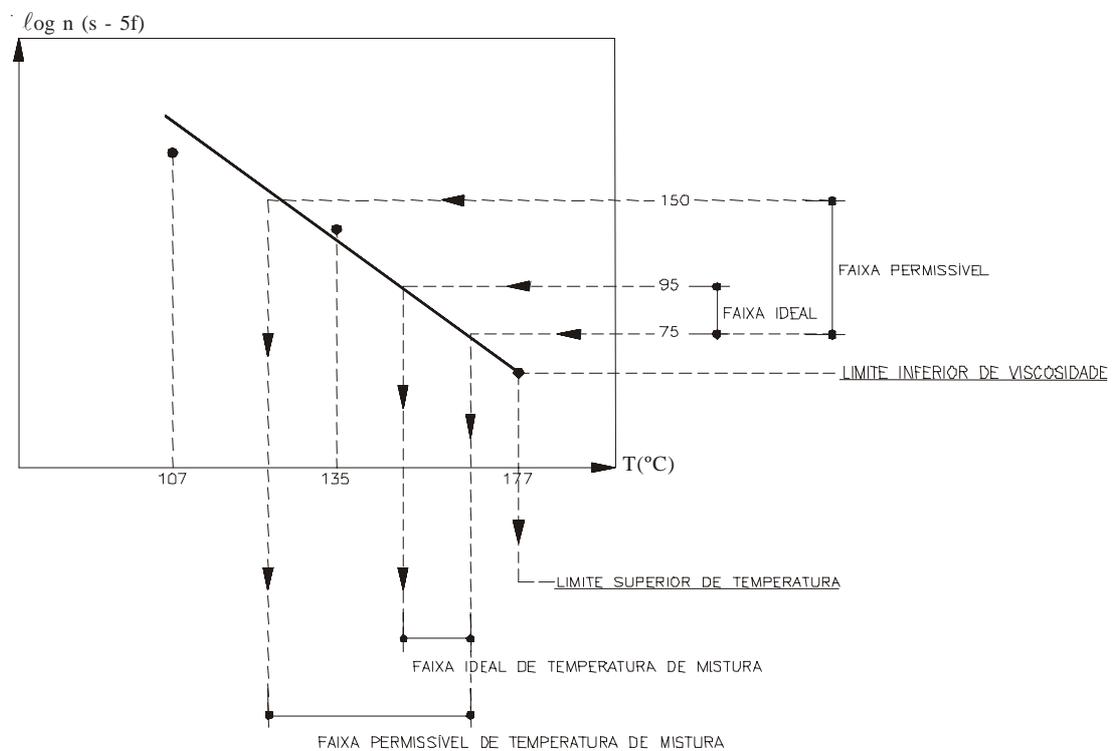


Fig. 4

1.19 Uma camada de *Concreto Asfáltico* deve ser executada sobre uma superfície coberta uniformemente por uma muito delgada película de CAP que poderá ser resultante de uma *Pintura de Ligação* ou mesmo de uma *Imprimação* (numa *Base Granular*, que ainda não tenha “*cegado*”). Em qualquer hipótese, após 7 dias de executada uma *Imprimação* torna-se obrigatório uma *Pintura de Ligação*. Deve-se ter muito cuidado com a *Pintura de Ligação* sobre uma *Base* ou um *Binder* que vai receber uma *Capa*, principalmente quando esta for delgada ($h < 5\text{cm}$), pois pode haver o *deslizamento* da mesma.

1.20 Após se ter obtido a quantidade de agregados necessária para se obter em usina, cerca de no mínimo 30t, faz-se a dosagem do CA a ser utilizado. Obtém-se então o *Projeto da Mistura* com:

- a) a Faixa Granulométrica;
- b) os valores obtidos pela dosagem.

Nesse *Projeto da Mistura* dever-se-á seguir, o mais possível, o indicado no “Projeto de Pavimentação”.

Com massa misturada na usina, procede-se a novos ensaios (valores “Marshall”, “extração” para obtenção do teor de CAP e “Filler” – extrator Soxhlet), até obter o *Projeto da Mistura* em sua forma definitiva que deverá ser entregue pelo Engenheiro Fiscal ao Engenheiro Encarregado da Obra.

1.21 Como se viu no item 1,16., é vantajoso, sob o ponto de vista de *adequação estrutural*, que a “Capa” tenha um “*módulo de elasticidade* maior do que do “Binder”; seria interessante uma relação EC/EB da ordem de 1,5 a 2,0, o que às vezes é difícil se obter com ambos os materiais de CA. Nesse caso é conveniente executar-se o “Binder” em outro tipo (PMQ, AAQ, PMF, etc.).

1.22 É de se notar que o DNER em sua ES-P 22/71 permite o uso de agregado graúdo “não britado” no Concreto Asfáltico, quando nesta Especificação somente é permitido agregado graúdo “britado”, o que é permitido apenas no Pré-Misturado a Quente (AGETOP-ES-P 12/01).

2. DEFINIÇÃO

CONCRETO ASFÁLTICO é uma Mistura asfáltica a Quente executada em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado e cimento asfáltico de petróleo (CAP), espalhada e comprimida em temperatura bem superior à do ambiente, na espessura do projeto,

satisfazendo às exigências constantes desta Especificação.

3. MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às especificações aprovadas pela AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes Cimentos Asfálticos de Petróleo:

CAP-30/45, 50/60 e 85/100 (classificados por *penetração*)

ou

CAP-20 e 55 (classificados por *viscosidade*)

3.2. Agregados

3.2.1 Agregado Graúdo

O *agregado graúdo* pode ser *pedra britada, escória britada, seixo rolado britado*, ou outro material indicado nas Especificações Complementares. Deve se constituir de partículas sãs, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas. Submetido ao *ensaio de durabilidade* (DNER-ME-89/64) não deve apresentar perda superior a 12% em 5 ciclos com sulfato de sódio (somente para basalto e diabásio). Valor máximo de 50% no *ensaio de desgaste Los Angeles* (DNER-ME-35/64) e um *índice de forma* (DNER-ME-86/64) não inferior a 0,4 ou um máximo de 25% de *grãos defeituosos* (AGETOP-ES-P 09/01)

3.2.2 Agregado Miúdo

O *agregado miúdo* pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar um *equivalente de areia* (DNER-ME-54/63) igual ou superior a 55%.

3.2.3 Material de Enchimento (“Filler”)

O “*filler*” deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós calcários, etc., e que atendam à especificação aprovada pela AGETOP.

Quando da aplicação, deverá estar seco e isento de grumos.

4. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A *faixa granulométrica* a ser usada deve ser aquela, cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada. A composição do *Concreto Asfáltico* deve satisfazer os requisitos do quadro abaixo:

<u>PENEIRA</u>	<u>PORCENTAGEM PASSANDO, EM PESO</u>			
	<u>mm</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
2”	50,8	100	-	-
1 1/2”	38,1	95-100	100	-
1”	25,4	75-100	95-100	-
3/4”	19,1	60-90	80-100	100
1/2”	12,7	-	-	85-100
3/8”	9,5	35-65	45-80	75-100
n.º 4	4,8	25-50	28-60	50-85
n.º 10	2,0	20-40	20-45	30-75
n.º 40	0,42	10-30	10-32	15-40
n.º 80	0,18	5-20	8-20	8-30
n.º 200	0,074	1-8	3-8	5-10

CONCRETO ASFÁLTICO - AGETOP - ES-P 11/01 PÁG. 13/32

Teores de CAP, limites extremos

Em Peso (%)	4,0 – 7,0	4,5 – 7,5	4,5 – 9,0
	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER) OU DE ROLAMENTO	CAMADA DE ROLAMENTO

A Faixas acima já envolvem o “*filler*”, cuja % mínima dever ser:

Faixa A – 1,0%, Faixa B – 1,5% e Faixa C – 2,5%. No caso de agregados tipicamente eletronegativos pode-se usar no CAP um “*Melhorador de Adesividade*”, aprovado pela AGETOP, na % em peso fixada no Projeto. As porcentagens de CAP se referem à *mistura de agregados*, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total, com exceção das 2 primeiras.

A *curva granulométrica* poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas, em relação à *curva de projeto*, aplicando-se os limites indicados no item relativo ao controle.

<u>PENEIRAS</u>	<u>mm</u>	<u>% PASSANDO EM PESO</u>
3/8” a 1 1/2”	9,5 a 38,1	± 7
n.º 40 a n.º 4	0,42 a 4,8	± 5
n.º 80	0,18	± 3
n.º 200	0,074	± 2

Deverá ser adotado o *Método Marshall* para a verificação das condições de vazios, relação Betume/Vazios, estabilidade e fluência da mistura asfáltica, segundo os valores seguintes:

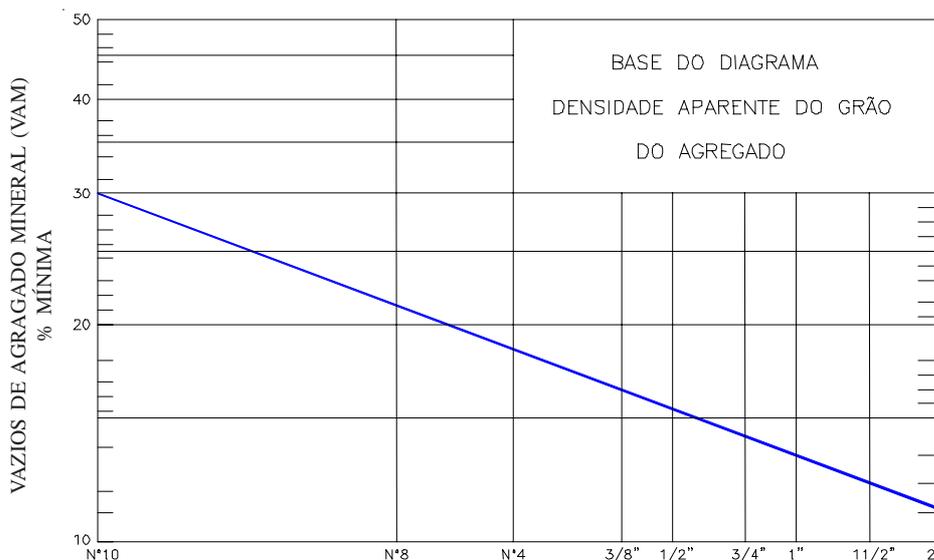
	CAMADA DE ROLAMENTO (CAPA)	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)
Porcentagem de Vazios	3 a 5	4 a 6
Relação Betume/Vazios (%)	75 a 82	65 a 72
Estabilidade, kgf	420 a 900 (75 golpes)	350 a 750 (75 golpes)
	300 a 660 (50 golpes)	250 a 550 (50 golpes)

* Essas tolerâncias para a *Curva de Projeto* devem conduzir a valores sempre limitados pela Faixa Granulométrica correspondente.

	8 a 18	8 a 18
Fluência (1/100")	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5
(mm)		

As Especificações Complementares fixarão a energia de compactação.

As "CAPAS" devem atender às especificações da relação betume/vazios e aos valores mínimos de vazios do agregado mineral dados pela linha inclinada do seguinte ábaco. Esta condição tem por finalidade garantir um *volume mínimo* no agregado mineral, possibilitando assim a garantia de um *teor mínimo de asfalto* do qual depende a *vida do Concreto Asfáltico*.



DIÂMETRO MÁXIMO DO AGREGADO
(CORRESPONDENTE A 95% PASSANDO NA CURVA GRANULOMETRICA)

5. EQUIPAMENTO

Todo equipamento antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização, devendo estar de acordo com esta Especificação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

5.1. Depósitos para Cimento Asfáltico

O depósitos para o cimento asfáltico deverão ser capazes de aquecer o material, às temperaturas necessárias, determinadas nesta Especificação. O aquecimento deverá ser feito por meio de serpentinas a vapor, óleo, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato de chamas com o interior do depósito. Deverá ser instalado um sistema de circulação para o cimento asfáltico, de modo a garantir a circulação para o cimento asfáltico, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

5.2. Depósito para Agregados (Silos)

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga. Haverá um silo adequado para o “filler” conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

5.3. Usinas para Misturas Asfálticas

Cada usina deverá estar equipada com unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador tipo Pugmill, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°C, deverá ser fixado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deverá ser equipada, além disso, com um termômetro de

mercúrio, com escala em “dial”, pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente, para registrar a temperatura dos agregados.

Poderá também ser utilizada uma *usina do tipo Tambor Secador/Misturador de duas zonas* (convecção e radiação), provida de: coletor de pó, alimentador de “filler”, sistema de descarga da mistura betuminosa por intermédio de transportador de correia com comporta do tipo “clam-shell”, ou alternativamente, em silos de estocagem. A usina deverá possuir silos de agregados múltiplos, *com pesagem dinâmica dos mesmos* e deverá ser assegurada a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados. *A usina deverá possuir ainda uma cabine de comandos e de quadros força.*

Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com os cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para essa aplicação. *A operação de pesagem dos agregados e do ligante betuminoso deverá ser semi-automática com leitura instantânea e acumulada dos mesmos, através de digitais em “display” de cristal líquido.* Deverão existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de cimentos asfálticos e para seleção de velocidades dos alimentadores dos agregados frios.

5.4. Acabadora

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadores automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente na largura desejada, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidade.

5.5. Equipamentos para Compressão

Os equipamentos para compressão serão constituídos por rolos de pneus autopropulsores, metálico liso, tipo tandem, ou vibratório. Os rolos compressores, tipo tandem, devem ter uma carga de 6 a 12 tf. Os rolos de pneus, devem permitir a calibragem dos mesmos no intervalo de 35 a 120 libras por polegada quadrada. Os rolos vibratórios devem ter vibração ajustada na frequência e amplitude necessárias para o serviço.

O equipamento deve ser operado em velocidade adequada e ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

5.6. Caminhões para Transporte da Mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto asfáltico, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

6. EXECUÇÃO

Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação ou pintura de ligação e a da camada asfáltica, ou no caso de ter havido trânsito, ou, ainda, recobrimento com areia, pó-de-pedra etc., deverá ser feita uma *pintura de ligação*.

A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico, no momento da misturação, deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 a 150 segundos, Saybolt-Furol, indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 75 a 95 segundos, Saybolt-Furol. Não podem ser feitas misturas a temperaturas inferiores a 107°C e nem superiores a 177°C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5°C a 10°C, acima da temperatura do CAP, este com no máximo 170°C.

6.1. Produção do Concreto Asfáltico

A produção do *Concreto Asfáltico* deve ser efetuada em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado.

6.2. Transporte do Concreto Asfáltico

O Concreto Asfáltico produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados. Devem ser evitadas distâncias superiores a 50km, ou menos, de acordo com a temperatura ambiente quando a distância máxima será fixada pela Fiscalização.

Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

6.3. Distribuição e Compressão da Mistura

O Concreto Asfáltico produzido deve ser distribuído somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso.

A distribuição do *Concreto Asfáltico* deve ser feita por máquinas acabadoras, conforme já especificado.

Após a distribuição do Concreto Asfáltico tem início a *rolagem*. Como norma geral, *a temperatura de rolagem é mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar*; temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

Caso sejam empregados *rolos de pneus de pressão variável*, inicia-se a rolagem, com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, conseqüentemente, suportar pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada *pelos bordos, longitudinalmente continuando em direção ao eixo da pista*. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a *compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto*. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de, pelo menos, a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compressão especificada.

Durante a rolagem *não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado*. As rodas do rolo metálico deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura e as rodas do rolo pneumático deverão, no início da rolagem, ser levemente untadas com *óleo queimado*, com a mesma finalidade. A espessura máxima da camada a compactar será fixada pela Fiscalização.

6.4. Abertura ao Trânsito

A Camada de Concreto Asfáltico recém-acabada deverá ser mantida sem trânsito até o seu completo resfriamento.

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1. Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados no Concreto Asfáltico tenham características satisfazendo às Especificações Gerais em vigor na AGETOP.

7.1.1 Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)

- a) Um cimento asfáltico (CAP) só poderá ser descarregado no *canteiro de serviço* se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.

- b) Em todo *carregamento de CAP* que chegar à obra serão realizados os seguintes ensaios, no *Laboratório de Campo*:
- Viscosidade Saybolt-Furol (P-MB-581)
 - Ponto Fulgor (MB-50)
 - Espuma (aquecido a 175°C não deve produzir espuma)

c) O CAP será “*aprovado*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).

d) Se o CAP não for considerado (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfazem à seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x % dos valores exigidos, sendo:

x = 15 para a “Viscosidade”

x = 10 para o “Ponto de Fulgor”

Não havendo tolerância para a “Formação de Espuma”, então o CAP será “*aprovado sob reserva*” (APSR). Em caso contrário, é considerado “não aprovado” (NAP).

- e) Se o CAP for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*, se o CAP for (NAP) – “*NÃO APROVADO*” o carregamento correspondente deve ser rejeitado, sendo *terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- f) Se o CAP de um carregamento for considerado (NAP), deve-se tomar nova amostra no caminhão e repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 6 em 6 carregamentos, será tomada uma

amostra do CAP e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP* onde serão executados os ensaios previstos na respectiva especificação julgados pertinentes.

- h) Será *suspenso o fornecimento de CAP*, quando:
- h.1) ocorrem mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - h.2) o número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 20$;
 - h.3) *O Laboratório Central da AGETOP* assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.
- i) O fornecimento do CAP só será estabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota: Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos será traçada a curva “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos.

7.1.2 Agregados

- a) Antes do *início da britagem* deverão ser confirmados os valores de *abrasão Los Angeles* e, se for o caso, de *durabilidade*, através de ensaios em 3 amostras estrategicamente coletadas. Somente após essa confirmação *poderá ser autorizada a britagem* pela Fiscalização. Posteriormente, esses ensaios só serão repetidos em caso de desconfiança provocada pelo comportamento da brita, ou da mudança de fonte de agregado.
- b) A Fiscalização manterá um “*Fiscal de Usina e de Agregados*” permanentemente na área de – localização da Usina e estocagem de agregados, com poderes para

impugnar qualquer agregado devido à presença de *muito pó, torrões de argila, partículas moles e, no caso de “filler”, devido à presença de grumos.*

- c) Para cada 60m³ de *agregado graúdo* e 30m³ do *agregado miúdo*, será tirada uma amostra aleatória, para os ensaios de:
- *índice de forma* (DNER-ME-86/64) ou *partículas defeituosas* (AGETOP-ES-P 09/01), para agregado graúdo, e de
 - *equivalente de areia* (DNER-ME-54/63), para agregado miúdo.

Caso um desses não satisfizer ao exigido, repete-se os ensaios mais 8 vezes em amostras diferentes, aleatoriamente colhidas; se mais de 2 ensaios não satisfizerem à Especificação, o lote (60m³ ou 30m³), cuja posição deve ter sido previamente assinalada na praça de estocagem, *não poderá ser usado na mistura.*

- d) O “*filler*” será examinado quanto à sua granulometria (DNER-ME-83/63), a amostragem ficando a critério da Fiscalização. O “*filler*” rejeitado será necessariamente retirado do canteiro de serviço.

7.1.3 Melhoradores de Adesividade (“Dopes”)

No caso de uso de *melhoradores de adesividade* (“*Dopes*”) este deve satisfazer a Especificação Geral da AGETOP, e *ser incorporado ao CAP no canteiro de serviço.* Sua eficácia será comprovada com o resultado *adesividade satisfatória* (DNER-ME-78/63) com a % de Projeto.

7.2. Execução

- a) *O Projeto da Mistura* deve conter:
- a.1) as porcentagens em peso de: agregado graúdo, agregado miúdo, filler e CAP, sendo a soma total igual a 100%;

b.2) a *faixa granulométrica de projeto* referente à mistura seca (inclusive o “filler”);

b.3) os valores obtidos pela *dosagem Marshall*:

- Porcentagem de vazios (% Vv)
- Relação Betume/Vazios (% RBV)
- Vazios do Agregado Mineral (% VAM)
- Massa Específica Aparente (D_a – kg/m³)
- Estabilidade Marshall (E – kgf)
- Fluência Marshall (f – mm)

a.4) As Faixas de Temperatura de Mistura do CAP e do agregado.

Esse *Projeto da Mistura* deve ser aprovado por escrito pelo “Engenheiro Fiscal” e entregue ao Construtor, *em sua forma definitiva*, isto é, após os ajustamentos obtidos após pelo menos 10 ensaios com os materiais obtidos da usina.

A Fiscalização deverá impugnar qualquer material que impeça o perfeito enquadramento do *Projeto da Mistura* a esta Especificação, assim, como se for o caso, solicitar uma mudança de usina.

- b) Periodicamente, a aproximadamente cada 300t de massa asfáltica produzida, deve ser feita uma amostragem de massa recém espalhada pela *acabadora*, com a qual se moldará um par de corpos de prova Marshall para a obtenção da *massa específica aparente de “referência”*; o resultado D_a (referência) por dia de trabalho, independentemente da massa produzida.
- c) *A condição essencial* é que a massa asfáltica seja produzida, espalhada e compactada dentro do *Projeto da Mistura* e de acordo com todos os itens desta Especificação Geral.

d) *O controle de temperatura é por leitura dos termômetros. Serão efetuadas, no mínimo, 8 leituras de temperaturas na usina por dia de trabalho:*

- dos *agregados* na usina (nos silos quentes)
- do *CAP* na usina (na linha de alimentação do asfalto)
- da massa asfáltica em cada caminhão carregado na usina.

Se a leitura de temperatura do *CAP* for maior que 190°C ou do agregado for maior que 200°C, a correspondente mistura executada não poderá ser transportada para a pista, devendo ser jogada fora. Se durante os 30 minutos seguintes esta situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as necessárias providências.

Se uma das 2 citadas temperaturas cair fora da respectiva faixa de temperatura do *Projeto da Mistura*, mas se:

- os valores absolutos das diferenças encontradas forem inferiores ou iguais a 10% dos valores exigidos, a correspondente massa asfáltica poderá ser transportada para a pista. Porém, se durante os 90 minutos seguintes tal situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as necessárias providências;
- Se a temperatura do agregado ou do *CAP* estiver abaixo do respectivo limite inferior da faixa dada pelo *Projeto da Mistura*, mas se essa diferença não for maior que 15% do valor desse limite inferior, ainda assim a correspondente massa asfáltica poderá ser transportada para a pista se a temperatura da massa asfáltica já carregada no caminhão for no mínimo de 110°C. Porém, se nos 90 minutos seguintes tal situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as devidas providências;
- Não se verificando nenhuma das duas situações acima, a correspondente mistura não poderá ser transportada para a pista, devendo ser jogada fora. Se durante 30 minutos consecutivos esta situação persistir, será interrompida a produção de massa para as necessárias providências.

- e) A temperatura de compressão da mistura *deve ser a mais alta que a massa asfáltica possa suportar com o equipamento utilizado.*

Será tomada a temperatura de cada caminhão carregado com massa asfáltica que chegar à pista. Essa temperatura não deverá ser menor que $t_i - 15^{\circ}\text{C}$, onde t_i é a temperatura em $^{\circ}\text{C}$ correspondente ao limite inferior da faixa de temperatura indicada no *Projeto da Mistura* para a mistura do CAP na usina.

Tolerar-se-á, em *caso esporádico*, temperaturas abaixo de $t_i - 15^{\circ}$, contanto que:

- essa temperatura seja no mínimo de 100°C .

Em caso contrário, a massa asfáltica transportada não poderá ser usada, devendo ser jogada fora.

Será considerado *caso esporádico* quando as duas condições seguintes forem satisfeitas:

- 1) não houver mais de 8 casos sucessivos;
 - 2) o número dessas ocorrências, calculado cumulativamente, não ultrapassar de 20% do número n de tomadas de temperatura (número de caminhões carregados), devendo o cálculo ser feito para $n \geq 60$.
- f) Para cada 700m^2 de superfície colhe-se uma amostra da massa asfáltica para os ensaios de *teor de CAP** e de *granulometria dos agregados* (DNER-ME-83/63), logo após a passagem da acabadora.

Para aproximadamente cada 300t de massa asfáltica colhe-se uma amostra, logo após a passagem da acabadora, para determinar a *massa específica aparente de referência* Da (referência) (DNER-ME-43/64 e 77/63) como indicado no item 7.2.b desta Especificação; calcula-se os diversos parâmetros (% Vv, % RBV e % VAM) e em seguida procede-se ao rompimento na prensa Marshall anotando-se a *estabilidade e a fluência*.

* de preferência deve-se empregar o *ensaio de extração de asfalto por refluxo* ("Soxhlet") em lugar do ensaio por centrifugação (DNER-ME-53/63)

Para cada 700m² de superfície compactada retira-se uma *amostra indeformada com broca rotativa* (d = 10,4cm), em local correspondendo aproximadamente a trilha de roda externa. Determina-se a *massa específica aparente da amostra* Da (rotativa) (DNER-ME-77/63), calcula-se: a % V_v, a % V_v, a % RBV e % VAM, em seguida a espessura da amostra (média de 3 determinações com o paquímetro), e finalmente procede-se ao rompimento na prensa Marshall anotando-se a *estabilidade* e a *fluência*.

g) Os resultados referentes a cada 700m², das determinações de:

- teor de asfalto
- granulometria do agregado
- grau de compactação, definido como:

$$GC = \frac{Da \text{ (rotativa)}}{Da \text{ (referência)}} \times 100$$

(O GC mínimo é de 97%)

Serão analisados estatisticamente, com as seguintes fórmulas, para $15 \geq N \geq 9$, sendo N o número de determinações sucessivas:

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s = U_{\min} - 0,68s$$

$$X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s = U_{\max} + 0,68s$$

onde: $\bar{X} = \sum X_i / N$ e $s = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$

h) Sendo t o *teor de asfalto* indicado pelo *Projeto da Mistura*, considera-se:

$$\underline{tmáx} = (t + 0,3)\% \text{ e } \underline{tmín} = (t - 0,3)\%$$

- i) Sendo $t_{\text{mín}}$ e $t_{\text{máx}}$ os valores dados pelo *Projeto da Mistura*, respectivamente para: *o teor de asfalto, as porcentagens em peso passando nas respectivas peneiras com as tolerâncias especificadas e o grau de compactação* (somente o valor mínimo), e $X_{\text{mín}}$ e $X_{\text{máx}}$ os valores encontrados (para GC só o $X_{\text{mín}}$), o serviço será considerado aprovado (AP) se:

$$X_{\text{mín}} \geq t_{\text{mín}} \quad \text{e} \quad X_{\text{máx}} \leq t_{\text{máx}}$$

- j) Se o serviço não for considerado (AP) conforme o item (i) mas se os resultados satisfizerem à seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a $\underline{x}\%$ dos valores exigidos, sendo:

$$\underline{x} \equiv 5 \text{ para o teor de CAP}$$

$$x = 10 \text{ para as granulometrias}$$

e com $X_{\text{mín}} (\text{GC}) \geq 96\%$.

então o serviço será considerado “*aprovado sob reserva*” (APSR).

Em caso contrário, o serviço é considerado “*não aprovado*” (NAP).

- l) Se o serviço for (AP) ou (APSR) ele *será aceito*, e se for (NAP) *não será aceito*, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde uma nova camada de CA, de espessura a determinar, como recobrimento – até o arrancamento da camada executada de uma nova camada).
- m) Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 2, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número \underline{n} correspondente à soma (AP + APSR) calculado com $n \geq 10$, o *serviço será suspenso* para uma aferição geral dos equipamentos e dos materiais, e só poderá ser reiniciado com *ordem por*

escrito do Engenheiro Fiscal. Reiniciados os serviços inicia-se nova contagem para o número n.

- n) Os valores de % V_v, % RBV, % VAM, Estabilidade e Fluência Marshall obtidos como indicado no item f devem servir de orientação para a Fiscalização. Se algum desses valores estiver sistematicamente fora dos valores especificados pelo *Projeto da Mistura*, então o Engenheiro Fiscal deve paralisar o serviço e proceder a uma avaliação do referido *Projeto da Mistura*.
- o) Além do “*Fiscal de Usina e de Agregados*” deverá haver um “Fiscal de Pista”, que acompanhe todos os detalhes referentes aos equipamentos e à execução do serviço, e que fique permanentemente nos locais de serviço. O Fiscal de Pista deverá apontar ao Engenheiro Fiscal todos os fatos considerados danosos à qualidade dos serviços, cabendo a este, a decisão de suspender ou não os serviços.

7.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciar os serviços de Concreto Asfáltico serão traçados gráficos onde em *abcissas* constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em *ordenadas* os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (*ou de quilometragem*):
 - 1) Teor de CAP
 - 2) Granulometria dos Agregados (por Peneira, com tolerância)
 - 3) Grau de Compactação.
- b) A *Fiscalização* elaborará *Relatórios Mensais*, obrigatoriamente assinados e rubricados pela Construtora, contendo os gráficos citados em(a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados *com a qualidade da obra*. Esses *Relatórios Mensais* deverão ser arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

8. CONTROLE GEOMÉTRICO

8.1. Controle de Espessura

Com base nos resultados de espessuras dos corpos de prova extraídos conforme o item 7.2.f:

- a) Em “pontos isolados” a espessura da camada deve estar necessariamente compreendida no intervalo $(h - 0,10h)$ a $(h + 0,10h)$ sendo h a espessura de Projeto.

Caso isso não se verifique, serão extraídos mais 2 corpos de prova (cp), 40m adiante e atrás do furo considerado, determinando-se suas espessuras. Continua-se a extrair cp a cada 40m até se ter uma espessura dentro dos limites considerados, demarcando-se assim a “área defeituosa”. A Fiscalização indicará a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).

- b) Com N resultados de espessuras de corpos de prova extraídos a cada $700m^2$, para $15 \geq N \geq 9$, calcula-se o valor de Umín de acordo com o item 7.2.g.
- b.1) Se $Umín \geq - 0,05h$ e $Umáx \leq h + 0,05h$, sendo h a espessura de Projeto, o serviço será considerado “*aprovado*” (AP).

Se $Umín \geq h - 0,05h$ e $Umáx \leq h + 0,08h$, o serviço será considerado “*aprovado sob reserva*” (APSR).

Em caso contrário, o serviço será considerado “*não aprovado*” (NAP).

Nota: - Para espessuras de Projeto h inferiores a 5cm, ter-se-á:

- $ema)(h - 0,5)cm$ a $(h + 0,5)cm$ (“pontos isolados”)
- $emb1)Umín \geq (h - 0,25)cm$ e $Umáx \leq (h + 0,25)cm$ (AP)

- $U_{\text{mín}} \geq (h - 0,25)\text{cm}$ e $U_{\text{mín}} \leq (h + 0,40)\text{cm}$ (APSR)
- b.2) Os serviços considerados (AP) ou (APSR) serão aceitos. Os serviços (NAP) não serão aceitos, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).
- b.3) Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 2, ou se o número de (APSR) calculado cumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente à soma (AP + APSR) calculado com $n \geq 10$, o *serviço será suspenso* para uma aferição da acabadora e só poderá ser reiniciado com *ordem por escrito* do Engenheiro Fiscal, quando será iniciada uma nova contagem do número n.

8.2. Controle do Acabamento da Superfície.

Durante a execução deverá ser feita, a cada 20m, uma leitura (até mm) correspondendo à *máxima variação entre dois pontos quaisquer de contato*, obtida com 2 réguas, uma de 3,00m e a outra de 0,90m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, sobre a superfície terminada. Deve-se ter:

- a) Em “pontos isolados” essa “variação máxima” deve ser $\leq 0,6\text{cm}$. Em caso contrário, delimita-se a área considerada defeituosa, agindo a Fiscalização como exposto no item 8.1.a.
- b) Se $U_{\text{máx}} \leq 0,3\text{cm}$, para $50 \geq N \geq 9$, calculado segundo o item 7.2.g, o serviço será “*aprovado*” (AP) e, se $U_{\text{máx}} \leq 0,4\text{cm}$ o *serviço será aprovado sob reserva* (APSR), aplicando-se então o exposto nos itens 8.1.b.2 e 8.1.b.3.

9. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- b) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- c) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- d) as estradas de acesso deverão seguir as recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- e) deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

Relativamente aos ligantes betuminosos, a recomendação principal é que os depósitos devem ser instalados em locais afastados de cursos d'água para evitar contaminação em caso de vazamentos acidentais.

Quanto a usina, antes de sua instalação, a executante deverá submeter à Fiscalização o projeto contendo, no mínimo, o local onde será instalada e detalhes do sistema de filtros que deverá equipar a usina, com a finalidade de reduzir a poluição do ar. A direção dos ventos na região deve ser avaliada, visando minimizar os efeitos nocivos em relação a qualidade do ar.

Não é permitida a instalação de usina para concreto asfáltico, em locais próximos a áreas habitadas

Na desmobilização desta atividade, remover os depósitos de ligante e efetuar a limpeza

do local, recompondo a área afetada pelas atividades da construção.

A instalação da usina de asfalto e da pedreira deverá ser licenciada pela AGMARN, cabendo esta responsabilidade ao CONSTRUTOR.

10. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Concreto Asfáltico será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Antes da leitura deste item recomenda-se a leitura do item 1. conceitos básicos da AGETOP-ES-P 11/01 – CONCRETO ASFÁLTICO.

1.2 Não há uma concordância internacional na terminologia nem na definição das diversas *misturas asfálticas a quente*, ou seja, dos chamados *Pré-Misturados a Quente* (PMQs).

O mais usual é classificar-se os PMQs de acordo com a sua *porcentagem de vazios* ($\%V = \frac{V_v}{V_t} \times 100$), por ser esta a maneira mais didática e a % V_v uma grandeza de grande importância no comportamento das misturas asfálticas.

1.3 Para o Brasil, os Professores Humberto Santana e Paulo R. A. Gontijo sugeriram a seguinte classificação (“A Filosofia dos Pré-Misturados a Frio Abertos”- 21ª RAP – ABPv – Salvador/1986):

PRÉ-MISTURADO A QUENTE	{	Aberto	(% V _v : >12)
		Semi-Denso	(% V _v : 8 - 12)
		Denso	(% V _v : < 8)

1.4 O CONCRETO ASFÁLTICO (CA) é considerado como um caso especial dos PMQs Densos.

1.5 O DNER adota a seguinte terminologia:

CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ: DNER-ES-P 22/71)

- correspondendo ao que se tem chamado de CONCRETO ASFÁLTICO nas Especificações da AGETOP;
- PRÉ-MISTURADO TIPO MACADAME (DNER-ES-P 106/80) – abrangendo o PMQ Aberto e o PMF Aberto;
- PRÉ-MISTURADO A QUENTE (ainda em fase de Especificação) – abrangendo

os PMQs: Semi-Densos e Densos. Adotou-se aqui essa conceituação.

1.6 Na realidade, um determinado PMQ, como qualquer outra mistura asfáltica, deve ser definido através de um conjunto de condicionantes, das quais a % Vv é apenas uma delas. A classificação dos PMQs em: Aberto, Semi-Denso e Denso é, como já se disse, apenas de cunho didático.

1.7 Além dos diferentes valores de granulometria, % Vv, Estabilidade, etc., fixados nas respectivas Especificações, um PRÉ-MISTURADO A QUENTE (PMQ) difere de um CONCRETO ASFÁLTICO (CA), devido:

- a) no CA ser exigido que o agregado graúdo deva ser *obrigatoriamente britado*, o que não acontece no PMQ;
- b) no CA ser exigido a presença de um “filler”, *necessariamente eletropositivo*, considerado por isso como um *produto artificial* (pó calcário, cal hidratada, gesso, cimento portland, etc.) (seria na realidade *natural* no caso da britagem de calcário). É de se notar que os *finos de britagem de rochas eletronegativas* (granitos, gnaisses, etc.) não são considerados propriamente “fillers” (às vezes chamados de “fillers naturais”) embora satisfazendo as exigências de granulometria.

Há de se reconhecer que o assunto “filler” está ainda apresentado, na literatura técnica internacional, quer em sua definição quer em sua especificação, de uma maneira um tanto obscura e confusa.

1.8 É preciso não confundir PMQ com CA mal executado, se, por acaso um CA for mal executado, mas se suas características satisfizerem as Especificações de PMQ, ele deve ser recusado. Há nas Especificações de CA e de PMQ uma zona comum, ou seja, uma *mistura asfáltica* pode ser simultaneamente um CA e um PMQ. O Controle Tecnológico do CA deve ser, naturalmente, um pouco mais rigoroso que o do PMQ.

1.9 O que diferencia um CA de um PMQ, para efeito de pagamento, são as 3 condições seguintes:

- a) obrigatoriedade do agregado graúdo ser britado, no CA;
- b) obrigatoriedade do uso de “filler” artificial, no CA;
- c) um maior rigor no Controle Tecnológico no CA.

Em ambos os casos, CA ou PMQ pode-se usar ou não o *Melhorador de Adesividade* (“Dope”).

1.10 O Pré-Misturado a Quente – PMQ é usualmente empregado como:

- a) Revestimento Asfáltico em uma só camada;
- b) Camada de ligação (ou “Binder”);
- c) Camada de Regularização (ou de “Nivelamento” ou de “Perfilamento”).
- d) Camada de Base.

1.11 Quando se usa o Revestimento Asfáltico em duas camadas é muito interessante, do ponto de vista da compatibilização estrutural, o uso de um CA como Camada de Rolamento (“Capa”) e de um PMQ como Camada de Ligação (“Binder”). Com efeito, pode-se ter uma relação $n = \frac{\text{Estabilidade da capa}}{\text{Estabilidade do Binder}}$ maior que 1,2, atingindo facilmente $n = 2$, o que às vezes é difícil com um Binder também de CA.

1.12 Quando a *Camada de Regularização* a ser executada sobre um *Revestimento Asfáltico antigo irregular* é de pequena espessura (1,0 a 5,0cm) é usual empregar-se um PMQ não convencional, com uma consistência apropriada para espalhamento com Motoniveladora e com uma % Vv de 1 a 3 (bastante impermeável) – sendo suas características fixadas nas ESPECIFICAÇÕES PARTICULARES.

1.13 Deve-se, também no PMQ se traçar a curva “viscosidade x temperatura”, com 3 pontos (107°C - 135°C - 177°C) como para o CA.

2. DEFINIÇÃO

PRÉ-MISTURADO A QUENTE é uma Mistura Asfáltica a Quente executada em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado e cimento asfáltico de petróleo (CAP), espalhada e comprimida em temperatura bem superior a do ambiente, na espessura do projeto, satisfazendo às exigências constantes desta Especificação.

3. MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às especificações aprovadas pela AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes Cimentos Asfálticos de Petróleo: CAP-30/45, 50/60 E 85/100 (classificados por *penetração*)

ou

CAP-20 e 55 (classificados por *viscosidade*)

3.2. Agregados

3.2.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo pode ser pedra britada, escória britada, seixo rolado britado ou não, ou outro material indicado nas Especificações Complementares. Deve se constituir de partículas sãs, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas. Submetido ao ensaio de durabilidade (DNER-ME-89/64) não deve apresentar perda superior a 12% em 5 ciclos com sulfato de sódio (somente para basalto e diabásio). Valor máximo de 50% no ensaio de desgaste Los Angeles (DNER-ME-35/64) e um índice de forma (DNER-ME-86/64) não inferior a 0,4 ou

um máximo de 30% de grãos defeituosos (AGETOP-ES-P 09/01).

3.2.2 Agregado Miúdo

O *agregado miúdo* pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar um equivalente de areia (DNER-54/63) igual ou superior a 45%.

4. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A faixa granulométrica a ser usada deve ser aquela, cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada. A composição do PRÉ-MISTURADO A QUENTE deve satisfazer os requisitos do quadro abaixo:

% em peso, passando

PENEIRA ASTM (mm)	A	B	C	D	E	F
2" - 50,8	100	—	—	—	—	—
1 1/2" - 38,1	95-100	100	100	100	—	—
1" - 25,4	75-100	95-100	95-100	95-100	—	—
3/4" - 19,1	60-90	70-90	75-100	80-100	100	100
1/2" - 12,7	—	—	—	—	85-100	95-100
3/8" - 9,5	35-65	35-60	30-70	45-80	75-100	45-85
n 4 - 4,8	25-50	18-35	10-40	28-60	50-85	25-45
n.º 10 - 2,0	20-40	10-20	5-25	20-45	30-75	15-20
n.º 40 - 0,42	10-30	—	—	10-32	15-40	—
n.º 200 - 0,074	0-8	0-5	0-8	3-8	3-10	2-5
USO Camada	CAPA ou BASE BINDER				CAPA	
Teores de CAP em peso (%)	3,0 a 7,0			4,5 a 7,5	4,5 a 8,5	

As porcentagens de CAP se referem à mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total, com exceção das 2 primeiras.

O uso do “filler” é optativo; em caso afirmativo deve o “filler” ser aprovado pela AGETOP e usado na % indicada no projeto.

No caso de agregados tipicamente eletronegativo deve-se usar no CAP um “Melhorador de Adesividade” (“Dope”), aprovado pela AGETOP, na % indicada no Projeto e obtida geralmente pelo ensaio de adesividade (DNER-ME 78/63).

A curva granulométrica poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas, em relação à curva de projeto, aplicando-se os limites indicados no item relativo ao controle.

<u>PENEIRAS</u>	<u>mm</u>	<u>% PASSANDO EM PESO</u>
3/8” a 11/2”	9,5 a 38,1	± 8
n.º 40 a n.º 4	0,42 a 4,8	± 6
n.º 200	0,074	± 2

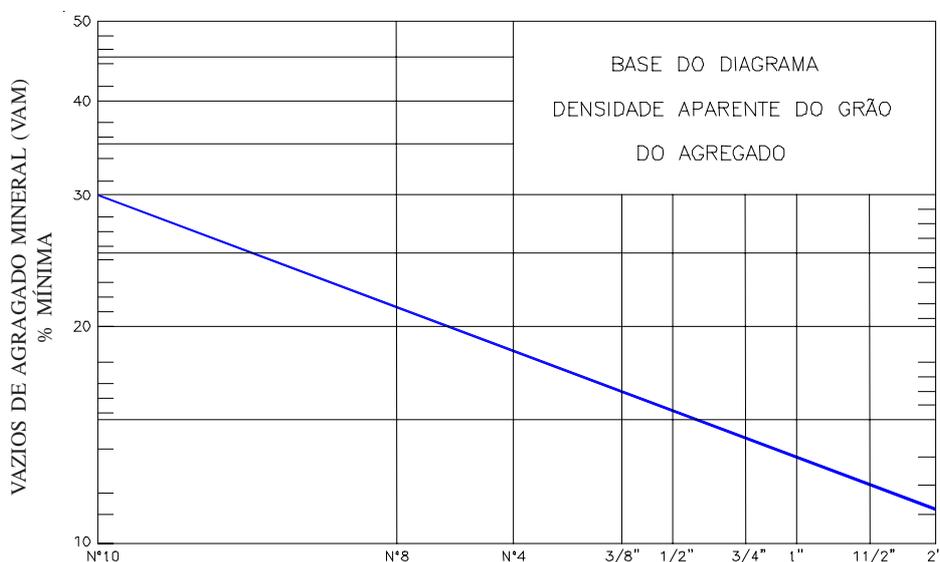
Essas tolerâncias para a *Curva de Projeto* devem conduzir a valores sempre limitados pela Faixa Granulométrica correspondente.

Deverá ser adotado o Método Marshall para a verificação das condições de vazios, relação betume/vazios, estabilidade e fluência da mistura asfáltica, segundo os valores seguintes:

	CAMADA DE ROLAMENTO (CAPA)	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)
Porcentagem de vazios	3 a 7	4 a 11
Relação betume/Vazios(%)	72 a 82	50 a 75
Estabilidade, kgf	350 a 800 (75 golpes)	350 a 700 (75 golpes)
	250 a 570 (50 golpes)	250 a 500 (50 golpes)
Fluência(1/100’) (mm)	8 a 18	8 a 18
	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5

As Especificações Complementares fixarão a energia de compactação.

As “CAPAS” devem atender às especificações da relação betume/vazios e aos valores mínimos do agregado mineral dados pela linha inclinada do seguinte ábaco. Esta condição tem por finalidade garantir um volume mínimo no agregado mineral, possibilitando assim a garantia de um teor mínimo de asfalto do qual depende a vida do Pré-Misturado a Quente (Ábaco) .



DIÂMETRO MÁXIMO DO AGREGADO
(CORRESPONDENTE A 95% PASSANDO NA CURVA GRANULOMETRICA)

Fig. 1

5. EQUIPAMENTO

Todo equipamento antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização, devendo estar de acordo com esta Especificação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

5.1. Depósitos para Cimento Asfáltico

Os depósitos para o cimento asfáltico deverão ser capazes de aquecer o material, às temperaturas necessárias, determinadas nesta Especificação. O aquecimento deverá ser feito por meio de serpentinas a vapor, óleo, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver

contato de chamas com o interior do depósito. Deverá ser instalado um sistema de circulação para o cimento asfáltico, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

5.2. Depósitos para Agregados (Silos)

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga.

5.3. Usinas para Misturas Asfálticas

Cada usina deverá estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador *tipo Pugmill*, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura. *Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°C, deverá ser fixado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga no misturador. A usina deverá ser equipada, além disso, com um termômetro de mercúrio, com escala “dial”, pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente, para registrar a temperatura dos agregados.*

Poderá também ser utilizada uma *usina do tipo Tambor/Secador/Misturador de duas zonas* (convecção e radiação), provida de: coletor de pó, alimentador de “filler”, sistema de descarga da mistura betuminosa por intermédio de correia com comporta do tipo “clam-shell”, ou alternativamente, em silos de estocagem. A usina deverá possuir silos de agregados múltiplos, com *pesagem dinâmica dos mesmos* e deverá ser assegurada a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados. *A usina deverá possuir ainda uma cabine de comandos e de quadros de força.*

Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com os cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para essa aplicação. *A operação de pesagem dos agregados e do ligante betumoso deverá ser semi-automática com leitura instantânea e acumulada dos mesmos, através de digitais em “display” de cristal líquido.* Deverão existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de cimentos asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios.

5.4. Acabadora

O equipamento para *espalhamento e acabamento* deverá ser constituído de *pavimentadores automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos requeridos.* As *acabadoras* deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente na largura desejada, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As *acabadoras* deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidade.

5.5. Equipamentos para Compressão

Os equipamentos para compressão serão constituídos por rolos de pneus autopropulsores, metálico liso, tipo tandem, ou vibratório. Os rolos compressores, tipo tandem, devem ter uma carga de 6 a 12 tf. Os rolos de pneus devem permitir a calibragem dos mesmos no intervalo de 35 a 120 libras por polegada quadrada. Os rolos vibratórios devem ter a vibração ajustada na freqüência e amplitude necessárias para o serviço.

O equipamento deve ser operado em velocidade adequada e ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto essa se encontrar em condições de trabalhabilidade.

5.6. Caminhões para Transporte da Mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do pré-misturado a quente, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

6. EXECUÇÃO

Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação ou pintura de ligação e a da camada asfáltica, ou no caso de ter havido trânsito, ou, ainda, recobrimento com areia, pó-de-pedra, etc., deverá ser feita uma pintura de ligação.

A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico, no momento da misturação, deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 a 150 segundo, Saybolt-Furol, indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 75 a 95 segundo, Saybolt-Furol. Não devem ser feitas misturas a temperaturas inferiores a 107°C e nem superiores a 177°C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5°C a 10°C, acima da temperatura do CAP, este com no máximo 170°C.

6.1. Produção do Pré-Misturado a Quente

A produção do Pré-Misturado a Quente deve ser efetuada em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado.

6.2. Transporte do Pré-Misturado a Quente

O *Pré-Misturado a Quente produzido* deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados. Devem ser evitadas distâncias superio-

res a 50km, ou menos de acordo com a temperatura ambiente quando a distância máxima será fixada pela Fiscalização.

Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

6.3. Distribuição e Compressão da Mistura

O *Pré-Misturado a Quente* produzido deve ser distribuído somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10° C, e com tempo não chuvoso.

A distribuição do *Pré-Misturado a Quente* deve ser feita por máquinas acabadoras, conforme já especificado.

Após a distribuição do *Pré-Misturado a Quente* tem início a rolagem. Como norma geral, *a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar*, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

Caso sejam empregados *rolos de pneus de pressão variável*, inicia-se a rolagem, com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, conseqüentemente, suportar pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada *pelos bordos, longitudinalmente continuando em direção ao eixo da pista*. Nas curvas, de acordo com a superelevação, *a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto*. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de, pelo menos, a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação perdurará até o momento em que seja atingida a compressão especificada.

Durante a rolagem *não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento* do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo metálico deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da

mistura e as rodas do rolo pneumático deverão, no início da rolagem, ser levemente untadas com *óleo queimado*, com a mesma finalidade.

A espessura máxima da camada a compactar será fixada pela Fiscalização. Entretanto, não se deve ultrapassar a 10cm numa camada individual. A espessura mínima é de 2,5cm.

6.4. Abertura ao Trânsito

A *camada de Pré-Misturado a Quente* recém-acabada deverá ser mantida sem trânsito até o seu completo resfriamento.

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1. Materiais

A *condição especial* é que os materiais empregados no Pré-Misturado a Quente tenham características satisfazendo às Especificações Gerais em vigor na AGETOP.

7.1.1 Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)

- a) Um cimento asfáltico (CAP) só poderá ser descarregado no canteiro de serviço se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.
- b) Em todo carregamento de CAP que chegar à obra serão utilizados os seguintes ensaios, no Laboratório de Campo:
 - Viscosidade Saybolt-Furol (P-MB-581)
 - Ponto de Fulgor (MB-50)

- Espuma (aquecido a 175°C não deve produzir espuma).
- c) O CAP será “*aprovado*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em todos os ensaios citados no item (b).
- d) Se o CAP não for considerado (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores encontrados forem inferiores a x % dos valores exigidos, sendo

$x = 15$ para a “Viscosidade”

$x = 10$ para o “Ponto de Fulgor”

Não havendo tolerância para a “Formação de Espuma”, então o CAP será aprovado sob reserva”(APSR). Em caso contrário é considerado “não aprovado”(NAP).

- e) Se o CAP for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente “pode ser descarregado no canteiro de obra”. Se o CAP for (NAP) – “não aprovado” o carregamento correspondente “deve ser rejeitado”, sendo “terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro”.
- f) Se o CAP de um carregamento for considerado (NAP), deve-se tomar nova amostra no caminhão e repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 6 em 6 carregamentos, será tomada uma amostra do CAP e enviada para o “Laboratório Central da AGETOP”, onde serão executados os ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será “suspenso o fornecimento de CAP”, quando:

- h.1) ocorreram mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - h.2) o número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 20$;
 - h.3) o “Laboratório central da AGETOP” assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.
- i) O fornecimento do CAP só será estabelecido com autorização por escrito “do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota: Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos será traçada a curva “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos. Essa curva será traçada com 3 pontos: 107 – 135 – 175°C.

7.1.2 Agregados

- a) Antes do “início da exploração” deverão ser confirmados os valores de “abrasão Los Angeles” e, se for o caso, de “durabilidade, através de ensaios em 3 amostras estrategicamente coletadas. Somente após essa confirmação “poderá ser autorizada a exploração” pela Fiscalização. Posteriormente, esses ensaios só serão repetidos em caso de desconfiança provocada pelo comportamento da pedra, ou da mudança de fonte de agregado.
- b) A Fiscalização manterá um “Fiscal de Usina e de Agregados” permanentemente na área de - localização da Usina e estocagem de agregados, com poderes para impugnar qualquer agregado devido a presença de “muito pó, torrões de argila e partículas moles”.
- c) Para cada 60m³ do “agregado miúdo”, será retirada uma amostra aleatória, para os ensaios de:
 - “índice de forma” (DNER-ME-86/64) ou “partículas defeituosas” (AGETOP-

ES-P 09/01), para agregado graúdo,

e de

- “equivalente de areia”(DNER-ME-54/63), para agregado miúdo.

Caso um desses ensaios não satisfizer ao exigido, repete-se os ensaios mais 8 vezes em amostras diferentes, aleatoriamente colhidas, se mais de 2 ensaios não satisfizerem à Especificação, o lote (60m³ ou 30m³), cuja posição deve ter sido previamente assinalada na praça de estocagem, “não poderá ser usado na mistura”.

Se por ventura tiver sido projetado “*filler*”, este será examinado quanto a sua granulometria (DNER-ME-83-63) com a amostragem a critério da fiscalização.

7.1.3 Melhoradores de Adesividade (“Dopes”)

No caso de uso de “melhoradores de adesividade (“Dope”) este deve satisfazer a Especificação Geral da AGETOP, a “ser incorporado ao CAP no canteiro de serviço”. Sua eficácia será comprovada com o resultado “adesividade satisfatória” (DNER-ME-78/63) com a % do Projeto.

- Se porventura tiver sido projetado “*filler*” este será examinado quanto a sua granulometria (DNER-ME 83/63) com a amostragem a critério da Fiscalização.

7.2. Execução:

- a) O “Projeto de Mistura” deve conter:
 - a.1) as porcentagens em peso de: agregado graúdo, agregado miúdo, filler e CAP, sendo a soma total igual a 100%;
 - a.2) a “faixa granulométrica de projeto” referente a mistura seca;

a.3) Os valores obtidos pela “dosagem Marshall:

- Porcentagem de vazios (% Vv)
- Relação Betume/Vazios (% RBV)
- Vazios do Agregado Mineral (% VAM)
- Massa Específica Aparente (D_a – kg/m³)
- Estabilidade Marshall (E – kgf)
- Fluência Marshall (f – mm)

a.4) as faixas de temperatura de mistura do CAP e do agregado.

Esse “Projeto de Mistura” deve ser aprovado por escrito pelo “Engenheiro Fiscal” e entregue ao Construtor, “em sua forma definitiva”, isto é, após os ajustamentos obtidos após pelo menos 10 ensaios com os materiais obtidos da usina.

A Fiscalização deverá impugnar qualquer material que impeça o perfeito enquadramento do “Projeto da Mistura” a esta Especificação, assim, como se for o caso, solicitar uma mudança de usina.

- b) Periodicamente, a aproximadamente cada 300t de massa asfáltica produzida, deve ser feita uma amostragem de massa recém espalhada pela “acabadora” com a qual se moldará um par de corpos de prova Marshall para a obtenção da “massa específica aparente de referência”; o resultado D_a (referência) é a média aritmética dos 2 resultados se a diferença entre eles for de até 5% em relação ao maior resultado, se for maior que 5% toma-se como resultado somente o maior valor.

Deve-se ter pelo menos um resultado de D_a (referência) por dia de trabalho, independentemente da massa produzida.

- c) A “condição essencial” é que a massa asfáltica seja produzida, espalhada e compactada dentro do “Projeto da Mistura” e de acordo com todos os itens desta Especificação Geral.

d) O “controle de temperatura” é por leitura dos termômetros. Serão efetuadas, no mínimo, 8 leituras de temperaturas na usina por dia de trabalho:

- dos “agregados” na usina (nos silos quentes)
- dos CAP na usina (na linha de alimentação do asfalto)
- da massa asfáltica em cada caminhão carregado na usina.

Se uma leitura de temperatura do CAP for maior que 190°C ou do agregado for maior que 200°C, a correspondente mistura executada não poderá ser transportada para a pista, devendo ser jogada fora. Se durante os 30 minutos seguintes esta situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as necessárias providências.

Se uma das 2 citadas temperaturas cair fora da respectiva faixa de temperatura do “Projeto da Mistura”, mas se:

- os valores absolutos das diferenças encontradas forem inferiores ou iguais a 10% dos valores exigidos, a correspondente massa asfáltica poderá ser transportada para a pista. Porém, se durante os 90 minutos seguintes tal situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as necessárias providências;
- Se a temperatura do agregado ou do CAP estiver abaixo do respectivo limite inferior da faixa dada pelo “Projeto da Mistura”, mas se essa diferença não for maior que 15% do valor desse limite inferior, ainda assim a correspondente massa asfáltica poderá ser transportada para a pista se a temperatura da massa asfáltica já carregada no caminhão for no mínimo de 110°C. Porém, se nos 90 minutos seguintes tal situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as devidas providências;
- não se verificando nenhuma das duas situações acima, a correspondente mistura não poderá ser transportada para a pista, devendo ser jogada fora. Se durante 30 minutos consecutivos esta situação persistir, será interrompida a produção de massa para as necessárias providências.

- e) A temperatura de compressão da mistura “deve ser a mais alta que a massa asfáltica possa suportar com o equipamento utilizado”.

Será tomada a temperatura de cada caminhão carregado com massa asfáltica que chegar a pista. Essa temperatura não deverá ser menor que $t_i - 15^{\circ}\text{C}$ onde t_i é a temperatura em $^{\circ}\text{C}$ correspondente ao limite inferior da faixa de temperatura indicada no “Projeto da Mistura” para a mistura do CAP na usina. Tolerar-se-á, em “caso esporádico”, temperaturas abaixo de $t_i - 15^{\circ}\text{C}$, contanto que:

- essa temperatura seja no mínimo de 100°C .

Em caso contrário, a massa asfáltica transportada não poderá ser usada, devendo ser jogada fora.

Será considerado “caso esporádico” quando as duas condições seguintes forem satisfeitas:

- 1) se não houver mais de 10 casos sucessivos;
 - 2) o número dessas ocorrências, calculado cumulativamente, não ultrapassar de 25% do número de tomadas de temperatura (número de caminhões carregados), devendo o cálculo ser feito para $n \geq 60$.
- f) Para cada 700m^2 de superfície colhe-se uma amostra da massa asfáltica para os ensaios de “teor de CAP”* e de “granulometria dos agregados”(DNER-ME-83/63), logo após a passagem da acabadora.

Para aproximadamente cada 300t de massa asfáltica colhe-se uma amostra, logo após a passagem da acabadora, para se determinar a “massa específica aparente de referência” Da (referência) DNER-ME-43/64 e 77/63) como indicado no item 7.2.b desta Especificação; calcula-se os diversos parâmetros (% Vv, % RBV e % VAM) e em seguida procede-se ao rompimento na prensa Marshall anotando-se a “estabilidade” e a “fluência”.

Para cada 700m² de superfície compactada retira-se uma “amostra indeformada” com broca rotativa (d = 10,4cm), em local correspondendo aproximadamente a trilha de roda externa. Determina-se a “massa específica aparente da amostra” Da (rotativa) (DNER-ME-77/63), calcula-se a % Vv, a % RBV e a % VAM, em seguida a “espessura da amostra”(média de 3 determinações com o paquímetro), e finalmente procede-se ao rompimento na prensa Marshall anotando-se a “estabilidade” e a “fluência”.

g) Os resultados referentes a cada 700m², das determinações de:

- teor de asfalto
- granulometria do agregado
- grau de compactação, definido como

$$GC = \frac{Da \text{ (rotativa)}}{Da \text{ (referência)}} \times 100$$

(O GC mínimo é de 96%)

De preferência deve-se empregar o “apoio de extração de asfalto por reflexo” (“Soxhlet”) em lugar do ensaio por centrifugação (DNER-ME-53-63)

Serão analisados estatisticamente, com as seguintes fórmulas, para $15 \geq N \geq 9$, sendo N o número de determinações sucessivas:

$$X_{\text{mín}} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s = U_{\text{mín}} - 0,68s$$

$$X_{\text{máx}} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s = U_{\text{máx}} + 0,68s$$

onde $\bar{X} = \Sigma X_i / N$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$

h) sendo t o “teor de asfalto” indicado pelo “Projeto da Mistura”, considera-se:

$$t_{\text{máx}} = (t + 0,4)\% \quad \text{e} \quad t_{\text{mín}} = (t - 0,4)\% \quad \text{para o teor de asfalto.}$$

i) Sendo $t_{\text{mín}}$ e $t_{\text{máx}}$ os valores dados pelo “Projeto da Mistura”, respectivamente para: o “teor de asfalto”, as “porcentagens em peso passando nas respectivas peneiras” com as tolerâncias especificadas e o “grau de compactação” (somente o valor mínimo), e $X_{\text{mín}}$ e $X_{\text{máx}}$ os valores encontrados (para GC só o $X_{\text{mín}}$), o serviço será considerado aprovado (AP) se:

$$X_{\text{mín}} \geq t_{\text{mín}} \quad \text{e} \quad X_{\text{máx}} \leq t_{\text{máx}}$$

e) Se o serviço não for considerado (AP) conforme o item (i), mas se os resultados satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a $x\%$ dos valores exigidos, sendo.

$$x = 5 \quad \text{para o teor de CAP}$$

$$x = 10 \quad \text{para as granulometrias}$$

$$\text{e com } X_{\text{mín}}(\text{GC}) \geq 95\%.$$

então o serviço será considerado aprovado sob reserva” (APSR).

Em caso contrário o serviço é considerado “não aprovado” (NAP).

l) Se o serviço for (AP) ou (APSR) ele “será aceito” e se for (NAP) “não será aceito”, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde uma nova camada de PMQ, de espessura a determinar, como recobrimento – até o arrancamento da camada executada e a execução de uma nova camada).

m) Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 3, ou se o número de (APSR)

calculado cumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma ($AP + APSR$) calculado com $n \geq 17$, o “serviço será suspenso” para uma aferição geral dos equipamentos e dos materiais, e só poderá ser reiniciado com “ordem por escrito” do Engenheiro Fiscal. Reiniciados os serviços inicia-se nova contagem para o número n .

- n) Os valores de % Vv, % RBV, % VAM, Estabilidade e Fluência Marshall obtidos como indicado no item f devem servir de orientação para a Fiscalização. Se algum desses valores estiver sistematicamente fora dos valores especificados pelo “Projeto da Mistura”, então o Engenheiro Fiscal deve paralisar o serviço e proceder a uma avaliação do referido “Projeto da Mistura”.
- o) Além do “Fiscal de Usina e de Agregados” deverá haver um “Fiscal de Pista”, que acompanhe todos os detalhes referentes aos equipamentos e à execução do serviço, e que fique permanentemente nos locais de serviço. O Fiscal de Pista deverá apontar ao Engenheiro Fiscal todos os fatos considerados danosos à qualidade dos serviços, cabendo a este, a decisão de suspender ou não os serviços.

7.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciar os serviços de Pré-Misturado a Quente serão traçados gráficos onde em “abscissas” constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em “ordenadas” os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou de “quilometragem”):
 - 1) Teor de CAP
 - 2) Granulometria dos Agregados (por Peneira, com tolerância)
 - 2) Grau de Compactação
- b) A “Fiscalização” elaborará “Relatórios Mensais”, obrigatoriamente assinados e rubricados pela Construtora, contendo os gráficos citados em (a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados “com a qualidade da obra” Esses Relatórios

Mensais deverão ser arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

8. CONTROLE GEOMÉTRICO

8.1. Controle de Espessura

Com base nos resultados de espessuras dos corpos de prova extraídos conforme o item 7.2.f:

- a) em “pontos isolados a espessura da camada deve estar necessariamente compreendida no intervalo $(h - 0,10h)$ a $(h + 0,10h)$ sendo h a espessura de Projeto.

Caso isso não se verifique, serão extraídos mais 2 corpos de prova (cp), 40cm adiante e atrás do furo considerado, determinando-se suas espessuras. Continua-se a extrair cp a cada 40m até se ter uma espessura dentro dos limites considerados, demarcando-se assim a “área defeituosa”. A Fiscalização indicará a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).

- b) Com N resultados de espessuras de corpos de prova extraídos a cada 700m², para $15 \geq N \geq 9$, calcula-se o valor de U_{min} de acordo com o item 7.2.g.

- b.1) Se $U_{min} \geq h - 0,05h$ e $U_{max} \leq h + 0,05h$, sendo h a espessura de Projeto, o serviço será considerado “aprovado”(AP).

Se $U_{min} \geq h - 0,05h$ e $U_{max} \leq h + 0,08h$, o serviço será considerado “aprovado sob reserva” (APSR).

Em caso contrário, o serviço será considerado “não aprovado” (NAP).

Nota: Para espessura de Projeto h inferiores a 5cm, ter-se-á:

- em a) $(h - 0,5)$ cm a $(h + 0,5)$ cm (“pontos isolados”)
- em b1) $U_{min} \geq (h - 0,25)$ cm e $U_{max} \leq (h + 0,25)$ cm (AP)
 $U_{min} \geq (h - 0,25)$ cm e $U_{max} \leq (h + 0,40)$ cm (APSR)

b.2) Os serviços considerados (AP) ou (APSR) serão aceitos. Os serviços (NAP) não serão aceitos, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).

b.3) Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 2, ou se o número de (APSR) calculado cumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR) calculado com $n \geq 10$, o serviço será suspenso para uma aferição da acabadora e só poderá ser reiniciado com ordem por escrito do Engenheiro Fiscal, quando será iniciada uma nova contagem do número n .

8.2. Controle do Acabamento da Superfície

Durante a execução deverá ser feita, a cada 20m, uma leitura (até mm) correspondente a máxima variação entre dois pontos quaisquer de contato, obtida com 2 réguas, uma de 3,00m e a outra de 0,90m, colocadas respectivamente em ângulo reto, e paralelamente ao eixo da estrada, sobre a superfície terminada. Deve-se ter:

- a) Em “pontos isolados” essa “variação máxima” deve ser $\leq 0,6$ cm.

Em caso contrário, delimita-se a área considerada defeituosa, agindo a Fiscalização como exposto no item 8.1.a.

- b) Se $U_{max} \leq 0,3$ cm, para $50 \geq N \geq 9$, calculado segundo o item 7.2g., o serviço será

“aprovado”(AP) e, se $U_{max} \leq 0,4\text{cm}$ o serviço será aprovado sob reserva”(APSR), aplicando-se então o exposto nos itens 8.1.b.2 e 8.1.b.3

9. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- b) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- c) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- d) as estradas de acesso deverão seguir as recomendações feitas para os caminhos de serviço;
- e) deverão ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção de pó de pedra eventualmente produzidos em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

Relativamente aos ligantes betuminosos, a recomendação principal é que os depósitos devem ser instalados em locais afastados de cursos d'água para evitar contaminação em caso de vazamentos acidentais.

Quanto a usina, antes de sua instalação, a executante deverá submeter à Fiscalização o projeto contendo, no mínimo, o local onde será instalada e detalhes do sistema de filtros que deverá equipar a usina, com a finalidade de reduzir a poluição do ar. A direção dos ventos na região deve ser avaliada, visando minimizar os efeitos nocivos em relação a qualidade do ar.

Não é permitida a instalação de usina para concreto asfáltico, em locais próximos a áreas habitadas.

Na desmobilização desta atividade, remover os depósitos de ligante e efetuar a limpeza do local, recompondo a área afetada pelas atividades da construção.

A instalação da usina de asfalto e da pedreira deverá ser licenciada pela AGMARN, cabendo esta responsabilidade ao CONSTRUTOR.

10. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Pré-Misturado a Quente será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Recomenda-se antes da leitura deste item, a leitura dos itens correspondentes (CONCEITOS BÁSICOS) referentes às Especificações AGETOP-ES-P-11/01 – CONCRETO ASFÁLTICO e ES-P 12/01 – PRÉ-MISTURADO A QUENTE.

1.2 Em princípio, a Areia-Asfalto a Quente (AAQ) seria um Pré-Misturado a Quente (PMQ) sem o “agregado graúdo”, ou seja, um PMQ “fino”.

Ao Concreto Asfalto (CA) sem o agregado graúdo se reservaria a denominação de “*Lençol* Asfáltico”(em inglês “Sheet Asphalt”).

Entretanto, no Brasil não se tem praticamente usado o “Lençol Asfáltico”, ao contrário da *Areia-Asfalto a Quente* (AAQ) muito usada no Norte/Nordeste.

1.3 Na “Areia-Asfalto a Quente (AAQ), se vista como um PMQ fino, não se teria obrigatoriamente de usar o “*filler*”(visto como um “produto artificial”). Entretanto, como as “areias” são usualmente quartzosas (“eletronegativas”), é considerado altamente vantajoso o uso do “*filler*”(geralmente “cal hidratada” ou “cimento portland”); o DNER em suas Especificações Gerais (ES-P 21/71) considera obrigatório o uso de “*filler*” na AAQ.

1.4 Na AAQ pode-se usar somente areia ou uma mistura de areia com *pó-de-pedra*. O uso exclusivo de *pó-de-pedra* é possível, mas geralmente conduz a misturas de baixa trabalhabilidade. Por outro lado, o *pó-de-pedra* aumenta bastante a estabilidade e propicia uma superfície *mais áspera* – garantindo maior segurança ao usuário. Um dos defeitos mais frequentes da AAQ é apresentar, principalmente na estação chuvosa, uma superfície *muito lisa*.

O ideal numa AAQ é uma mistura de areia com *pó-de-pedra*.

As areias de campo têm *Equivalentes de Areia* menores que os das areias de rio e os dos pós-de-pedra. No máximo se deve usar 3 componentes: areia de rio, areia de campo e *pó-de-pedra*.

1.5 Na AAQ se permite uma *porcentagem de vazios* ($\% V_v = \frac{V_v}{V_t} \times 100$) entre 3 e 8, podendo-se assim classificá-la como uma mistura densa. É de se salientar que em igualdade de $\% V_v$ a mistura mais fina é mais impermeável que a mistura mais grossa, pois a conexão entre os vazios da primeira é a mais dificultosa que a da segunda.

1.6 Uma AAQ é bastante “flexível”, apresentando poucos problemas à fadiga, mas é bastante sensível à formação de “trilhas de roda” (problemas de estabilidade). Não é conveniente executar-se uma AAQ com mais de 7,5cm; a espessura mínima recomendável é de 2,5cm, quando se deve executar uma muito boa *pintura de ligação*.

1.7 As deficiências mais comuns numa AAQ, são as seguintes:

- a) *escorregamento* sobre a superfície subjacente. Combate-se através: - de uma boa pintura de ligação – do aumento da espessura – de uma maior porcentagem de pó-de-pedra – de uma dosagem sem excesso de asfalto, e de outras medidas cabíveis;
- b) *desgaste*, principalmente em curvas e rampas. Combate-se através – do uso conveniente, em quantidade e qualidade de um “*filler*”- de “Dopes” no asfalto (CAP), quando o “*filler*” não consegue propiciar a necessária adesividade – do uso da maior quantidade possível de asfalto;
- c) *superfície escorregadia*. Combate-se através – de uma maior porcentagem de pó-de-pedra – de uma dosagem sem excesso de asfalto.

1.8 Nesta Especificação, considera-se obrigatório o uso de “*filler*”. O ensaio de adesividade (DNER-ME-78/63) embora estabelecido para agregado graúdo pode também ser adaptado para agregado miúdo.

1.9 A AAQ é usada geralmente apenas como Revestimento Asfáltico, com espessuras freqüentemente entre 3,0cm e 5,0cm.

Quanto mais viscoso for o CAP, maior a estabilidade da AAQ.

2. DEFINIÇÃO

AREIA-ASFALTO A QUENTE é uma Mistura Asfáltica a Quente executada em usina apropriada, composta de agregado mineral fino graduado e de cimento asfáltico de petróleo (CAP), espalhada e comprimida em temperatura bem superior a do ambiente, na espessura do projeto, satisfazendo às exigências constantes desta Especificação.

3. MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às especificações aprovadas pelo AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes Cimentos Asfálticos de Petróleo:

CAP-30/45, 50/60 e 85/100 (classificados por *penetração*)

CAP-20 e 55 (classificados por *viscosidade*)

3.2. AGREGADOS

3.2.1 Agregado Miúdo

O *agregado miúdo* pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar um equivalente de areia (DNER-ME-54/63) igual ou superior a 40%.

3.2.2 Material de Enchimento (“Filler”)

O “*filler*” deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós calcários, etc., e que atendam à especificação aprovada pela AGETOP.

Quando da aplicação, deverá estar seco e isento de grumos.

4. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A Composição da Areia-Asfalto a Quente (AAQ) deve satisfazer aos requisitos do quadro abaixo:

PENEIRA ASTM (mm)	A	B	C
n.º 4 - 4,8	100	100	100
n.º 10 - 2,0	90-100	90-100	85-100
n.º 40 - 0,42	40-90	30-95	25-100
n.º 80 - 0,18	10-47	7-60	8-62
n.º 200 - 0,074	2-7	3-10	4-15
Uso da Camada	Revestimento (2,5 a 7,5cm)		
Teores de CAP em peso (%)	5,5 a 8,0	6,0 a 8,5	6,5 a 9,0

As faixas acima já envolvem o “filler”, cuja % mínima deve ser:

Faixa A – 1,5%, Faixa B – 2,0% e Faixa C – 2,5%

Para todos os tipos, a fração entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total, com exceção das duas primeiras.

As % de CAP se referem à *mistura de agregado* considerada como 100%.

No caso de agregados tipicamente eletronegativos pode-se usar um “Melhorador de Adesividade” (“Dope”), aprovado pela AGETOP, na % indicada no Projeto e obtida geralmente pelo ensaio de adesividade DNER-ME 78/63 adaptado para agregado miúdo.

A curva granulométrica poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas, em relação à curva de projeto, aplicando-se os limites indicados no item relativo ao controle.

PENEIRAS	mm	% PASSANDO EM PESO
n.º 40 a n.º 4	0,42 a 4,8	± 6
n.º 80	0,18	± 4
n.º 200	0,074	± 2

Essas tolerâncias para a *Curva de Projeto* devem conduzir a valores sempre limitados pela Faixa Granulométrica correspondente.

Deverá ser adotado o *Método Marshall* para a verificação das condições de vazios, relação betume/vazios e estabilidade Marshall da mistura betumosa, segundo os valores seguintes:

Porcentagem de Vazios	3 a 8
Relação Betume/Vazios (%)	65 a 82
Estabilidade, kgf	250 a 550 (75 golpes)
	180 a 400 (50 golpes)

As Especificações Complementares fixarão a energia de compactação.

5. EQUIPAMENTO

Todo equipamento antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização, devendo estar de acordo com esta Especificação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

5.1. Depósitos para Cimentos Asfáltico

Os depósitos para o cimento asfáltico deverão ser capazes de aquecer o material, às temperaturas necessárias, determinadas nesta Especificação. O aquecimento deverá ser feito por meio de serpentinas a vapor, óleo, eletricidade ou outros meios, de modo a *não haver contato de chamas com o interior do depósito*. Deverá ser instalado um sistema de circulação

para o cimento asfáltico, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

5.2. Depósito para Agregados (Silos)

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga. Haverá um silo adequado para o “filler” conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

5.3. Usinas para Misturas Asfálticas

Cada usina deverá estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador tipo Pugmill, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°C, deverá ser fixado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga no misturador. A usina deverá ser equipada, além disso, com um termômetro de mercúrio, com escala em “dial”, pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente para registrar a temperatura dos agregados.

Poderá também ser utilizada uma usina do tipo Tambor Secador/Misturador de duas zonas (convecção e radiação), provida de: coletor de pó, alimentador de “filler”, sistema de descarga da mistura betumosa por intermédio de transportador de correia com comporta do tipo “clam-shell”, ou alternativamente, em silos de estocagem. A usina deverá possuir silos de agregados múltiplos, com pesagem dinâmica dos mesmos e deverá ser assegurada a

homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados. A usina deverá possuir ainda uma cabine de comandos e de quadros de força.

Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com os cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para essa aplicação. A operação de pesagem dos agregados e do ligante betumoso deverá ser semi-automática com leitura instantânea e acumulada dos mesmos, através de digitais em “display” de cristal líquido. Deverão existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de cimentos asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios.

5.4. Acabadora

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadores automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente na largura desejada, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidade.

5.5. Equipamentos para a Compressão

Os equipamentos para compressão serão constituídos por rolos de pneus autopropulsores, metálico liso, tipo tandem, ou vibratório. Os rolos compressores, tipo tandem, devem ter uma carga de 6 a 12tf. Os rolos de pneus, devem permitir a calibragem dos mesmos no intervalo de 2,5 a 8,4 kgf/cm². Os rolos vibratórios devem ter a vibração ajustada na frequência e amplitude necessárias para o serviço.

O equipamento deve ser operado em velocidade adequada e ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

5.6. Caminhões para Transporte da Mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte da Areia-Asfalto a Quente, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

6. EXECUÇÃO

Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação ou pintura de ligação e a da camada asfáltica, ou no caso de ter havido trânsito, ou, ainda, recobrimento com areia, pó-de-pedra etc., deverá ser feita uma pintura de ligação.

A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico, no momento da misturação, deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 a 150 segundos, Saybolt-Furol, indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 75 a 95 segundos, Saybolt-Furol. Não podem ser feitas misturas a temperaturas inferiores a 107° C e nem superiores a 177° C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5° C a 10° C, acima da temperatura do CAP, este com no máximo 170° C.

6.1. Produção da Areia-Asfalto a Quente

A produção da *Areia-Asfalto a Quente* deve ser efetuada em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado.

6.2. Transporte da Areia-Asfalto a Quente

A Areia-Asfalto a Quente produzida deverá ser transportada, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados. Devem ser evitadas distâncias superiores a 50 km, ou menos de acordo com a temperatura ambiente quando a distância máxima será

fixada pela Fiscalização.

Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

6.3. Distribuição e Compressão da Mistura

A Areia-Asfalto a Quente produzida deve ser distribuída somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso.

A distribuição da Areia-Asfalto a Quente deve ser feita por máquinas acabadoras, conforme já especificado.

Após a distribuição da Areia-Asfalto a Quente tem início a rolagem. Como norma geral, “a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar”, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

Caso sejam empregados “rolos de pneus de pressão variável”, inicia-se a rolagem, com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, conseqüentemente, suportar pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada “pelos bordos”, longitudinalmente continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a “compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto”. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de, pelo menos, a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compressão especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo metálico deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura e as rodas do rolo pneumático deverão, no início da rolagem, ser levemente untadas com óleo queimado, com a mesma finalidade.

As espessuras máxima e mínima a compactar são respectivamente: 2,5cm e 7,5cm.

6.4. Abertura ao Trânsito

A camada de Areia-Asfalto a Quente recém-acabada deverá ser mantida sem trânsito até o seu completo resfriamento.

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1 Materiais

A “condição essencial” é que os materiais empregados na Areia-Asfalto a Quente tenham características satisfazendo às Especificações Gerais em vigor na AGETOP.

7.1.1 Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)

- a) Um cimento asfáltico (CAP) só poderá ser descarregado no canteiro de serviço se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.
- b) Em todo carregamento de CAP que chegar à obra serão realizados os seguintes ensaios, no Laboratório de Campo:
 - viscosidade Saybolt-Furol (P-MB-581)
 - Ponto de Fulgor (MB-50)
 - Espuma (aquecido a 175°C não deve produzir espuma).
- c) o CAP será “aprovado” (AP) se satisfizer as exigências da correspondente Especificação em “todos os ensaios” citados no item (b).
- d) Se o CAP não for considerado (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre

os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a \underline{x} % dos valores exigidos, sendo:

$\underline{x} = 5$ para a “Viscosidade

$\underline{x} = 10$ para o “Ponto de Fulgor”

Não havendo tolerância para a “Formação de Espuma”, então o CAP será “aprovado sob reserva”(APSR). Em caso contrário é considerado “não aprovado” (NAP).

- e) Se o CAP for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente “pode ser descarregado no canteiro de obra”. Se o CAP for (NAP) – não aprovado – o carregamento correspondente “deve ser rejeitado”, sendo terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro.
- f) Se o CAP de um carregamento for considerado (NAP), deve-se tomar nova amostra no caminhão e repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 6 em 6 carregamentos, será tomada uma amostra do CAP e enviada para o Laboratório Central da AGETOP onde serão executados os ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será suspenso o fornecimento de CAP, quando:
 - h.1) ocorreram mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - h.2) o número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número n2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 20$;
 - h.3) O Laboratório Central da AGETOP assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.

- i) O fornecimento do CAP só será restabelecido com “autorização por escrito” do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota: Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos será traçada a curva “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos.

7.1.2 Agregados

- a) A Fiscalização manterá um “Fiscal de Usina e de Agregados” permanentemente na área de – localização da usina e estocagem de agregados, com poderes para impugnar qualquer agregado devido a presença de muito pó, torrões de argila, partículas moles e, no caso de “filler”, devido a presença de grumos.
- b) Compor-se-á uma amostra de agregado miúdo, com a % de Projeto de cada componente, para cada 100m³ de agregado, para o ensaio de:
- equivalente de areia (DNER-ME-54/63).

Caso um desses ensaios não satisfazer ao exigido, repete-se os ensaios mais 8 vezes em amostras diferentes, aleatoriamente compostas; se mais de 2 ensaios não satisfizerem à Especificação, o lote (100m³), cuja posição deve ter sido previamente assinalada na praça de estocagem, não poderá ser usado na mistura asfáltica.

- c) O “filler” será examinado quanto a sua granulometria (DNER-ME-83/63), a amostragem ficando a critério da Fiscalização. O “filler” rejeitado será necessariamente retirado do canteiro de serviço.

7.1.3 Melhoradores de Adesividade (“Dopes”)

No caso de uso de “melhoradores de adesividade”(“Dope”) este deve satisfazer a Especificação Geral da AGETOP, e ser incorporado ao CAP no canteiro de serviço. Sua eficácia será comprovada com o resultado “adesividade satisfatória”(DNER-ME-78/63) com a % de

Projeto.

7.2. Execução

a) O Projeto da Mistura deve conter:

- a.1) as porcentagens em peso: dos componentes do agregado miúdo, do filler e do CAP, sendo a soma total igual a 100%;
- a.2) a faixa granulométrica de projeto referente a mistura seca (inclusive o “filler”);
- a.3) os valores obtidos pela dosagem Marshall:
 - Porcentagem de vazios (% Vv)
 - Relação Betume/Vazios (% RBV)
 - Massa Específica Aparente (D_a – kg/m³)
 - Estabilidade Marshall (E – kgf)
- a.4) as Faixas de Temperatura de Mistura do CAP e do agregado.

Esse “Projeto da Mistura” deve ser aprovado por escrito pelo Engenheiro Fiscal” e entregue ao Construtor, “em sua forma definitiva”, isto é, após os ajustamentos obtidos após pelo menos 10 ensaios com os materiais obtidos da usina.

A Fiscalização deverá impugnar qualquer material que impeça o perfeito enquadramento do “Projeto da Mistura” a esta Especificação, assim, como se for o caso, solicitar uma mudança de usina.

- b) Periodicamente, a aproximadamente cada 300t de massa asfáltica produzida, deve ser feita uma amostragem de massa recém espalhada pela acabadora, com a qual se moldará um par de corpos de prova Marshall para a obtenção da massa específica aparente de “referência”; o resultado D_a (referência) é a média aritmética dos 2 resultados se a diferença entre eles for de até 5% em relação ao maior

resultado, se for maior que 5% toma-se como resultado somente o maior valor. Deve-se ter pelo menos um resultado de Da (referência) por dia.

- c) A “condição essencial” é que a massa asfáltica seja produzida, espalhada e compactada dentro do “Projeto da Mistura” e de acordo com todos os itens desta Especificação Geral.
- d) O “controle de temperatura” é por leitura dos termômetros. Serão efetuadas, no mínimo, 8 leituras de temperaturas na usina por dia de trabalho:
- dos agregados na usina (nos silos quentes)
 - do CAP na usina (na linha de alimentação do asfalto)
 - da massa asfáltica em cada caminhão carregado na usina.

Se uma leitura de temperatura do CAP for maior que 190°C ou do agregado for maior que 200°C, a correspondente mistura executada não poderá ser transportada para a pista, devendo ser jogada fora. Se durante os 30 minutos seguintes esta situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as necessárias providências.

Se uma das 2 citadas temperaturas cair fora da respectiva faixa de temperatura do Projeto da Mistura, mas se:

- os valores absolutos das diferenças encontradas forem inferiores ou iguais a 10% dos valores exigidos, a correspondente massa asfáltica poderá ser transportada para a pista. Porém, se durante os 90 minutos seguintes tal situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as necessárias providências;
- Se a temperatura do agregado ou do CAP estiver abaixo do respectivo limite inferior da faixa dada pelo Projeto da Mistura, mas se essa diferença não for maior que 15% do valor desse limite inferior, ainda assim a correspondente massa asfáltica poderá ser transportada para a pista se a temperatura da massa asfáltica já carregada no caminhão for no mínimo de 110°C. Porém, se nos 90 minutos seguintes tal situação persistir, será interrompida a produção de massa asfáltica para as devidas providências;
- não se verificando nenhuma das duas situações acima, a correspondente mistura

não poderá ser transportada para pista, devendo ser jogada fora. Se durante 30 minutos consecutivos esta situação persistir, será interrompida a produção de massa para as necessárias providências.

- e) A temperatura de compressão da mistura “deve ser a mais alta que a massa asfáltica possa suportar” com o equipamento utilizado.

Será tomada a temperatura de cada caminhão carregado com massa asfáltica que chegar a pista. Essa temperatura não deverá ser menor que $t_i - 15^{\circ}\text{C}$, onde t_i é a temperatura em $^{\circ}\text{C}$ correspondente ao limite inferior da faixa de temperatura indicada no “Projeto da Mistura” para a mistura do CAP na usina.

Tolerar-se-á, em “caso esporádico”, temperaturas abaixo de $t_i - 15^{\circ}\text{C}$, contanto que:

- essa temperatura seja no mínimo de 100°C .

Em caso contrário, a massa asfáltica transportada não poderá ser usada, devendo ser jogada fora.

Será considerado “caso esporádico” quando as duas condições seguintes forem satisfeitas:

- 1 não houver mais de 10 casos sucessivos;
 - 2 o número dessas ocorrências, calculado cumulativamente, não ultrapassar de 25% do número n de tomadas de temperatura (número de caminhões carregados), devendo o cálculo ser feito para $n \geq 60$.
- f) Para cada 700m^2 de superfície colhe-se uma amostra da massa asfáltica para os ensaios de teor de CAP* e de granulometria dos agregados (DNER-ME-83/63), logo após a passagem da acabadora.

Para aproximadamente cada 300t de massa asfáltica colhe-se uma amostra, logo após a passagem da acabadora, para se determinar a massa específica aparente de referência Da

* de preferência deve-se empregar o ensaio de extração de asfalto por refluxo (“soxhlet”) em lugar do ensaio por centrifugação (DNER-ME-53/63).

(referência) (DNER-ME-43/64 e 77/63) como indicado no item 7.2.b desta Especificação; calcula-se os diversos parâmetros (% Vv e % RBV) e em seguida procede-se ao rompimento na prensa Marshall anotando-se a estabilidade.

Para cada 700m² de superfície compactada retira-se uma “amostra indeformada” com broca rotativa (d = 10,4cm), em local correspondendo aproximadamente a trilha de roda externa. Determina-se a massa específica aparente da amostra Da (rotatividade) (DNER-ME-77/63), calcula-se: a % Vv, e a % RBV, em seguida a espessura da amostra (média de 3 determinações com o paquímetro), e finalmente procede-se ao rompimento na prensa Marshall anotando-se a estabilidade.

g) Os resultados referentes a cada 700m², das determinações de:

- teor de asfalto
- granulometria do agregado
- grau de compactação, definido como

$$GC = \frac{Da \text{ (rotativa)}}{Da \text{ (referência)}} \times 100$$

(O GC mínimo é de 96%)

serão analisados estatisticamente, com as seguintes fórmulas, para $15 \geq N \geq 9$, sendo N o número de determinações sucessivas:

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s = U_{\min} - 0,68s$$

$$X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s = U_{\max} + 0,68s$$

onde: $\bar{X} = \Sigma X_i / N$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

h) Sendo t o teor de asfalto indicado pelo Projeto da Mistura, considera-se:

$$t_{\text{máx}} = (t + 0,4)\% \text{ e } t_{\text{mín}} = (t - 0,4)\% \text{ para o teor de asfalto}$$

i) Sendo $t_{\text{mín}}$ e $t_{\text{máx}}$ os valores dados pelo Projeto da Mistura, respectivamente para: o teor de asfalto, as porcentagens em peso passando nas respectivas peneiras com as tolerâncias especificadas e o grau de compactação (somente o valor mínimo), e $X_{\text{mín}}$ e $X_{\text{máx}}$ os valores encontrados (para GC só o $X_{\text{mín}}$), o serviço será considerado aprovado (AP) se:

$$X_{\text{min}} \geq t_{\text{min}} \text{ e } X_{\text{máx}} \leq t_{\text{máx}}$$

j) Se o serviço não for considerado (AP) conforme o item (i), mas se os resultados satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a $x\%$ dos valores exigidos, sendo:

$$x = 5 \text{ para o teor de CAP}$$

$$x = 10 \text{ para as granulometrias}$$

$$\text{e com } X_{\text{mín}} (\text{GC}) \geq 95\%$$

então o serviço será considerado “aprovado sob reserva” (APSR).

Em caso contrário o serviço é considerado “não aprovado” (NAP).

l) Se o serviço for (AP) ou (APSR) ele será aceito, e se for (NAP) não será aceito, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde uma nova camada de AAQ, de espessura a determinar, como recobrimento – até o arrancamento da camada executada e a execução de uma nova camada).

- m) Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 3, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR) calculado com $n \geq 17$, o serviço será suspenso para uma aferição geral dos equipamentos e dos materiais, e só poderá ser reiniciado com ordem por escrito do Engenheiro Fiscal. Reiniciados os serviços inicia-se nova contagem para o número n.
- n) Os valores de % Vv, % RBV e Estabilidade Marshall obtidos como indicado no item f devem servir de orientação para a Fiscalização. Se algum desses valores estiver sistematicamente fora dos valores especificados pelo Projeto da Mistura, então o Engenheiro Fiscal deve paralisar o serviço e proceder a uma avaliação do referido Projeto da Mistura.
- o) Além do “Fiscal de Usina e de Agregados” deverá haver um “Fiscal de Pista”, que acompanhe todos os detalhes referentes aos equipamentos e à execução do serviço, e que fique permanentemente nos locais de serviço. O Fiscal de Pista deverá apontar ao Engenheiro Fiscal todos os fatos considerados danosos à qualidade dos serviços, cabendo a este, a decisão de suspender ou não os serviços.

7.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciar os serviços de Areia-Asfalto a Quente serão traçados gráficos onde em abcissas constarão o estaqueamento (ou a quilometragem) e em ordenadas os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou de quilometragem)
 - 1) Teor de CAP
 - 2) Granulometria dos Agregados (por Peneira, com tolerância)
 - 3) Grau de Compactação
- b) A Fiscalização elaborará Relatórios Mensais, obrigatoriamente assinados e rubricados pela Construtora, contendo os gráficos citados em (a) e todos os elementos,

fatos e acontecimentos relacionados com a qualidade da obra. Esses Relatórios Mensais deverão ser arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

8. CONTROLE GEOMÉTRICO

8.1. Controle de Espessura

Com base nos resultados de espessura dos corpos de prova extraídos conforme o item 7.2.f –

- a) em “pontos isolados” a espessura da camada deve estar necessariamente compreendida no intervalo $(h - 0,10h)$ a $(h + 0,10h)$ sendo h a espessura de Projeto.

Caso isso não se verifique, serão extraídos mais 2 corpos de prova (cp), 40m adiante e atrás do furo considerado, determinando-se suas espessuras. Continua-se a extrair cp a cada 40m até se ter uma espessura dentro dos limites considerados, demarcando-se assim a “área defeituosa”. A Fiscalização indicará a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).

- b) Com N resultados de espessuras de corpos de prova extraídos a cada 700m², para $15 \geq N \geq 9$, calcula-se o valor de U_{min} de acordo com o item 7.2.g.

- b.1) Se $U_{min} \geq h - 0,05h$ e $U_{máx} \leq h + 0,05h$, sendo h a espessura de projeto, o serviço será considerado “*aprovado*” (AP).

se $U_{min} \geq h - 0,05h$ e $U_{máx} \leq h + 0,08h$, o serviço será considerado “*aprovado sob reserva*” (APSR)

Em caso contrário, o serviço será considerado “*não aprovado*” (NAP).

Nota: Para espessuras de Projeto h inferiores a 5cm, ter-se-á:

em a) $(h - 0,5)\text{cm}$ a $(h + 0,5)\text{cm}$ (“pontos isolados”)

em b1) $U_{\min} \geq (h - 0,25)\text{cm}$ e $U_{\max} \leq (h + 0,25)\text{cm}$ (AP)

$U_{\min} \geq (h - 0,25)\text{cm}$ e $U_{\max} \leq (h + 0,40)\text{cm}$ (APSR)

- b.2) Os serviços considerados (AP) ou (APSR) serão aceitos. Os serviços (NAP) não serão aceitos, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).
- b.3) Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 2, ou se o número de (APSR) calculado cumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR) calculado com $n \geq 10$, o serviço será suspenso para uma aferição da acabadora e só poderá ser reiniciado com ordem por escrita do Engenheiro Fiscal, quando será iniciada uma nova contagem do número n .

8.2. Controle do Acabamento aa Superfície

Durante a execução deverá ser feita, a cada 20m, uma leitura (até mm) correspondendo a máxima variação entre dois pontos quaisquer de contato, obtida com 2 réguas, uma de 3,00m e a outra de 0,90m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, sobre a superfície terminada. Deve-se ter:

- a) Em “pontos isolados” essa “variação máxima” deve ser $\leq 0,6\text{cm}$.

Em caso contrário, delimita-se a área considerada defeituosa, agindo a Fiscalização como exposto no item 8.1.a.

- b) Se $U_{\max} \leq 0,3\text{cm}$, para $50 \geq N \geq 9$, calculado segundo o item 7.2.g, o serviço será “aprovado”(AP) e, se $U_{\max} \leq 0,4\text{cm}$ o serviço *será aprovado sob reserva*”

(APSR), aplicando-se o exposto nos itens 8.1.b.2 e 8.1.b.3

9. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

a) Agregados:

- A brita e a areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira / areal cuja cópia da licença deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da Obra.
- Evitar a localização da pedreira e das instalações da britagem em área de preservação ambiental.
- Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos.
- Impedir queimadas como forma de desmatamentos.
- Construir junto as instalações de britagem bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzida em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para os cursos d'água.
- Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira / areal / usina, assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.
- Ligantes Betuminosos:
 - Instalar os depósitos em locais afastados de curso d'água.
 - Vedar o refugo de materiais usados a margem da estrada ou em outros locais que possam causar prejuízos ambientais.
 - Recuperar a área afetada pelas operações de construção / execução, mediante a remoção da usina dos depósitos e a limpeza de canteiros de obras.
 - As operações em usinas misturadoras a frio englobam: a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios; b) transporte e estocagem de filler; c) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e emulsão

asfáltica.

b) Quanto a Instalação:

- Impedir a instalação de usinas numa distância inferior a 200m, medidos a partir da base da chaminé, residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.
- Atribuir à Executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação / operação, assim como manter a usina em condições de funcionamento prescrito nestas especificações.

c) Operação:

- Instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes.
- Dotar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante as operações de carregamento.
- Enclausurar a correia transportadora de agregados.
- Dotar o misturador, os silos de agregados e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão, de conexão do sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para atmosfera.
- Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica.
- Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade.
- Dotar os silos de estocagem de filler, de sistema próprio de filtragem a seco.
- Adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas mangas.

- Acionar os sistemas de controle de poluição do ar, antes dos equipamentos de processos.
- Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.
- Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade), por estabelecer barreiras vegetais no local, sempre que possível.

10. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Areia-Asfalto a Quente será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 *Mistura Asfáltica a Frio* – é aquela que pode ser *espalhada e compactada a temperatura ambiente*, podendo ou não sofrer um pequeno aquecimento durante a mistura com asfalto. A *Mistura Asfáltica a Quente* usando o cimento asfáltico de petróleo – CAP só pode ser espalhada em temperatura bem superior a do ambiente. É claro que as *Misturas a Frio* ou os *Pré-Misturados a Frio* como são mais conhecidos, tem necessariamente de usar os chamados asfaltos líquidos (os asfaltos diluídos – AD ou as Emulsões Asfálticas – EA).

1.2 Na realidade, o conceito de *Pré-Misturado a Frio* (PMF) sob o ponto de vista mais abrangente considera todas as misturas asfálticas executadas com os chamados asfaltos líquidos – em usinas fixas, usinas móveis, betoneiras, e até com lâmina de motoniveladora. Entretanto, tem sido praxe excluir dessa nomenclatura os tipos: “*Solo Betume*” e “*Lama Asfáltica*”.

1.3 Utilizando a linguagem técnica tradicional no Brasil, considera-se como PMF apenas a mistura: agregado graúdo + agregado miúdo + asfalto líquido, excluindo a *Areia Asfalto a Frio*.

1.4 Quanto à classificação dos PMF não há, de modo algum, uma concordância internacional. Entretanto, a classificação mais generalizada, é a seguinte:

<i>PRÉ – MISTURADO</i>	A FRIO	{	Aberto(Ab)
			Semi- Denso(sD)
			Denso(De)

Note-se que também não há concordância internacional nas definições dos três tipos anteriormente citados. Adotar-se-á as definições sugeridas pelos professores Humberto Santana e Paulo R. A. Gontijo, que estão mais de acordo com a atual realidade brasileira. (“A Filosofia dos Pré-Misturados a Frio Abertos” - 21ª RAP – ABPv – Salvador /1986):

D_{máx} absoluto: de 1 1/2" a 3/4"		PMF		
<u>CARACTERÍSTICA</u>	<u>ABERTO</u>	<u>SEMI-DENSO</u>	<u>DENSO</u>	
% vazios ($\% V_v = \frac{V_v}{V_t} \times 100$)	> 20	$\leq 20 ; \geq 10$	< 10	
% pas. na pen n.º 10 (2,0mm)	≤ 10	$> 10 ; < 20$	≥ 20	
% pas. na pen n.º 200 (0,074mm)	≤ 2	≤ 5	≥ 2	

Em qualquer caso, o PMF para efeito de $\% V_v$, é considerado adequadamente curado e compactado.

1.5 É claro que, a rigor, bastaria para a definição de *Aberto (Ab)*, *Semi-Denso (SD)* e *Denso (De)* que o PMF satisfizesse apenas a condição da % de Vazios. Entretanto, na prática, é difícil se estabelecer o que se chamam de adequadamente curado e compactado; assim, foram complementadas as definições com os limites granulométricos.

1.6 Atualmente, por motivos óbvios, usa-se apenas as *Emulsões Asfálticas* nos PMFs deixando-se de lado os chamados *Asfaltos Diluídos – AD (Cimento Asfáltico – CAP diluído com solventes de petróleo-nafta, querosene, etc.)*, que de um modo geral apresentam *má adesividade* com os *agregados eletronegativos* (granito, gnaisse, quartzito, arenito, etc.) que representam cerca de 80% dos agregados brasileiros. Além do desperdício de derivados nobres do petróleo (pois o CAP só se torna consistente quando evapora o solvente – que é pois perdido), tem-se geralmente *problemas de “cura”* pois devido a sua grande afinidade com o CAP o solvente tem grande dificuldade de evaporação. Evidentemente, é impossível se executar um PMFDe (Denso) e bastante problemática a execução de um PMFsD (semi-Denso) com um AD.

1.7 É também sabido que enquanto as *Emulsões Asfálticas Catiônicas* tem *boa adesividade* tanto com os agregados *eletronegativos* como com os agregados *eletropositivos* (calcário, basalto, diabásio, etc.), as *Aniônicas* só apresentam *boa adesividade* com os agregados eletropositivos. No Brasil, atualmente só se fabricam as *emulsões catiônicas*.

1.8 As emulsões *catiônicas para misturas asfálticas* não devem ser de *Ruptura Rápida* (RR-1C e RR-2C), a não ser em casos muito especiais de misturas graúdas bem abertas. É de se notar que a RR-1C (com 62% de CAP) e a RR-2C (mais viscosa, com 67% de CAP) geralmente não tem solvente (usadas em Tratamentos Superficiais), embora a Especificação do IBP/ABNT (P-EB-472) admita um teor de solvente de até 3%, quando então poderiam (sem grandes vantagens) ser usadas em PMFs do tipo acima citado.

Por outro lado, um PMFsD com muitos finos e um PMFDe se darão melhor com uma emulsão de Ruptura Lenta (RL-1C), que dá tempo de se processar a mistura *sem romper*.

É claro que a RL-1C *não pode ter solvente*, que não poderá evaporar em PMFs desse tipo; a compactação pode ser feita na temperatura ambiente graças a presença da água de ruptura (que se separou do CAP ao romper a emulsão).

1.9 A ruptura de uma emulsão catiônica – separação da água do CAP, se dá por *reação química com o agregado*, formando um *sal insolúvel* quer com agregados eletropositivos, quer com agregados eletronegativos (daí sua “boa adesividade”).

A *ruptura* de uma emulsão aniônica se dá mais por *evaporação da água*, e muito menos por reação química (que, com os agregados eletronegativos forma um *sal solúvel* – daí sua “má adesividade”).

1.10 As emulsões catiônicas são classificadas (P-EB-472) em

Ruptura Rápida: RR-1C e RR-2C (mais viscosa, praticamente sem solvente)

Ruptura Média: RM-1C e RM-2C (mais viscosa, e um pouco menos de solvente)

Ruptura Lenta: RL-1C (pouco viscosa, sem solvente)

1.11 Para os PMFsD podem pois ser indicados:

RM-1C misturas *mais graúdas*, com poucos vazios (0 – 12% de solvente)

RM-2C misturas *mais finas*, com menos vazios (3 – 12% de solvente)

RL-1C misturas *bem finas* e/ou com ainda menos vazios (sem solvente)

As misturas com RM-2C (3 a 12% de solvente), podem (na faixa superior de solvente) ser estocadas durante semanas (e mesmo meses) para serviços de conservação.

1.12 Os PMFsD são indicados principalmente para Revestimento como *camada de rolamento* ou como “*binder*”. Como camada de *rolamento* é usual colocar-se uma *capa selante* (Lama Asfáltica ou Tratamento Superficial Simples), que pode ser dispensada quando a % de vazios não ultrapassa a 12% e há uma boa drenagem superficial, ou seja, quando o PMFsD se aproxima do limite superior a PMFDe.

1.13 A espessura máxima de compactação de um PMFsD, em uma camada individual, deve ser limitada principalmente pela dificuldade de evaporação do solvente da emulsão. Para PMFsD com $\% V_v \leq 15$ não se deve compactar com mais de 5cm, e com $\% V_v > 15$ esse limite passa para 6,5cm. A espessura mínima a compactar é de 3,5cm, o que limita inferiormente nesse valor a espessura de um PMFsD.

1.14 Como se sabe, considera-se no Brasil, geralmente como *Concreto Asfáltico* (chamado também de “Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ) uma *mistura a quente* com % vazios entre 3 e 5% (além de outras exigências). Pode-se perguntar se é possível executar um *Concreto Asfáltico a Frio*. É possível com as emulsões do tipo RL, e há vários exemplos internacionais de pequenos trechos com CAF e bastante bibliografia a respeito. Entretanto no Brasil, ainda não se conseguiu colocar *ao ponto* um CAF que possa competir economicamente com um CA (ou CBUQ).

Por outro lado, já se tem conseguido alguns bons exemplos de *Areia Asfalto a Frio* - AAF com emulsões catiônicas.

O emprego dos PMFsD como Revestimento (Capa ou Binder) quando bem projetados e bem construídos tem sucesso garantido.

É conveniente observar que muitos *projetos mal elaborados e execuções mal feitas*

tem se refugiado atrás do usual e inverídico refrão: a “*emulsão não presta*”.

Entretanto, é forçoso reconhecer que alguns fabricantes de emulsões tem relaxado na sua fabricação e que o controle de suas qualidades é raramente bem exercido, por ocasião de seu recebimento nos canteiros de serviço.

1.15 Os PMFsD podem ser dosados com o chamado *ensaio Marshall adaptado*, que foi normalizado pelo DNER sob o número DNER-ME 107/80, que como se sabe foi criado para *misturas a quente*, constando essencialmente no seguinte as modificações feitas:

- a) mistura-se o agregado com a emulsão asfáltica que deve ter uma viscosidade preferencialmente compreendida entre 75 a 95 sSF;
- b) deixa-se *curar a mistura de 4 a 6 horas*, sendo então iniciada a compactação na temperatura ambiente (como no caso *a quente*, escolhendo-se 50 ou 75 golpes de cada lado do corpo de prova). No caso de uma emulsão de RL a *cura será no máximo de 60 minutos*;
- c) após a compactação o corpo de prova ainda dentro do molde é colocado *em estufa a 60°C por 24 horas*, depois sendo deixado a esfriar na temperatura ambiente pelo menos 2 horas;
- d) determina-se a densidade aparente do corpo de prova (DNER-ME-77-80) (com parafina, se não for muito poroso) calculando-se: a % vazios, a RBV (%), a densidade teórica, etc., como no caso tradicional;
- e) coloca-se o corpo de prova *em estufa a 40°C por 2 horas* (desparafinado previamente, se for o caso), em seguida coloca-se-o no molde de compressão e efetua-se o *rompimento Marshall*, anotando-se a *estabilidade* e a *fluência*.

1.16 O uso do “filler” (“filler” artificial) é optativo. Na realidade como se trabalha com Emulsão Catiônica não se tendo pois problemas de adesividade, o uso de “filler” só se justifica pela necessidade de finos.

1.17 Aconselha-se, como complementação da leitura deste item, a leitura dos itens CONCEITOS BÁSICOS das AGETOP-ES-P 11/01 (CONCRETO ASFÁLTICO) e ES-P 12/01 (PRÉ-MISTURADO A QUENTE).

2. DEFINIÇÃO

PRÉ-MISTURADO A FRIO SEMI-DENSO (PMFsD) – É uma mistura preparada em usina apropriada, espalhada e compactada a frio, com as seguintes características:

- 20% ≥ V_v ≥ 10 %, % passando na peneira n.º 10 (2,0mm) maior que 10 e menor que 20% e % passando na peneira n.º 200 (0,074mm) menor ou igual a 5%, de acordo com o estabelecido nessa Especificação.

3. MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às Especificações aprovadas pela AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes materiais:

Emulsões Asfálticas Catiônicas (P-EB-472): RM-1C, RM-2C e RL-1C

3.2. Agregados

3.2.1 Agregado Graúdo

Pedra britada, seixo rolado britado ou não, ou qualquer outro tipo constante das *Especificações Complementares* do Projeto. O agregado graúdo deve se constituir de frag-

mentos são, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas. *O desgaste por Abrasão Los Angeles* (DNER-ME 35-64) deve ser no máximo de 50%, podendo-se tolerar até 60% se a pedra já foi utilizada com sucesso em serviços similares. O índice de forma (DNER-ME 86-64) não deve ser inferior a 0,4 ou um máximo de 30% de *grãos defeituosos* (AGETOP-ES-P 09/01). Não deve apresentar perda superior a 12% em 5 ciclos no *ensaio de durabilidade* com sulfato de sódio (DNER-ME 89-64).

3.2.2 Agregado Miúdo

Areia, pó-de-pedra ou ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. O Equivalente de Areia (DNER-ME 54/63) deve ser igual ou superior a 45%.

4. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A composição granular do PMFsD deve atender a uma das seguintes faixas granulométricas, ou outra indicada nas Especificações Complementares do Projeto:

PENEIRA		I	II	III	IV
ASTM	mm				
1 1/2"	38,1	100	—	—	—
1"	25,4	95-100	—	100	—
3/4"	19,1	70-90	100	95-100	100
1/2"	12,7	—	75-100	—	95-100
3/8"	9,5	35-60	35-70	35-70	45-80
N.º 4	4,8	18-35	20-40	25-40	25-45
N.º 10	2,0	10-20	10-20	10-20	15-20
N.º 200	0,074	0-5	2-5	0-5	2-5
Espessura * - cm					
<u>% V_v >15</u>		4,5 - 6,5	3,5 - 6,5	3,5 - 6,5	3,5 - 6,5
<u>% V_v (10-15)</u>		4,5 - 5,0	3,5 - 5,0	3,5 - 5,0	3,5 - 5,0
Emulsão Asfáltica		RM - 1C	RM - 2C	RM - 1C	RM - 2C
Sugerida		RM - 2C	RL - 1C	RM - 2C	RL - 1C
* Espessura de uma camada individual (compactada de uma vez).					

Para todas as faixas a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total, com exceção das duas primeiras.

O uso do “filler” é eventual; em caso afirmativo deve o “filler” ser aprovado pela AGETOP e usado na % indicada no Projeto.

A curva granulométrica poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas, em relação à “Curva do Projeto”, que devem conduzir a valores sempre limitados pela Faixa Granulométrica correspondente:

<u>PENEIRAS</u>	<u>mm</u>	<u>% PASSANDO EM PESO</u>
3/8" a 1 1/2"	9,5 a 38,1	± 8
n.º 40 a n.º 4	0,42 a 4,8	± 6
n.º 200	0,074	± 2

O “teor de emulsão” t deve ser dado em peso, em relação a “mistura seca”(inclusive “filler” se houver) como 100%, que deve ser detalhada no “Projeto da Mistura”, como explicado no item 7.2.c. Execução (Controle Tecnológico). Também deve ser indicado o “teor de CAP residual” supondo a emulsão com o teor mínimo de CAP residual especificado. A tolerância para o teor de emulsão no controle é de $(t \pm 0,5) \%$.

A dosagem de emulsão deve ser tal que, no *Ensaio Marshall para Mistura Betumosa a Frio com Emulsão Asfáltica* (DNER-ME 107-80), conduza aos seguintes valores:

- porcentagem de vazios 10 a 20%
- estabilidade mínima (40°C) 250 kgf (75 golpes)
150 kgf (50 golpes)
- fluência (mm) 8 a 18mm

A energia de compactação sendo fixada pelas especificações complementares.

5. EQUIPAMENTO

5.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada a *ordem de serviço*. Deverá ser

observado o prescrito nesta Especificação.

5.2. Depósitos para Emulsão Asfáltica

Os depósitos para a emulsão asfáltica deverão ser completamente vedados, de modo a evitar o contato deste material, com ar, água, poeira, etc. Os tanques deverão dispor, ainda, de dispositivos que permitam a homogeneização, aquecimento ou resfriamento da emulsão, se necessário, assim como serem dotados de termômetros para controle de temperatura.

Na ligação do depósito com o misturador da usina deverá haver sistema que possibilite o perfeito controle da vazão do material.

A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

5.3. Depósitos para Agregado

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga. Haverá, se necessário, um silo adequado para o filler conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

5.4. Usinas para Pré-Misturadas a Frio

A Usina que poderá ser gravimétrica ou volumétrica, deverá estar equipada com um misturador tipo “Pugmill”, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo de mistura.

Sobre a correia transportadora deverá ser adaptado dispositivo para umedecimento da mistura de agregados. Os silos deverão dispor de comportas reguláveis e capacidade suficiente para que a alimentação da correia transportadora seja controlada e contínua.

5.5. Equipamento para Espalhamento do Pré-Misturado a Frio

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. Preferencialmente, deverão possuir dispositivos eletrônicos para o controle da espessura.

Quando não dispuser de acabadora, poderá ser utilizado um distribuidor automotriz do tipo utilizado para espalhamento de agregados, em serviços de menor rigor técnico, a critério da Fiscalização.

Quando não houver possibilidade de utilização dos equipamentos citados ou quando o pré-misturado é estocado em montes ao longo do trecho, recomenda-se a utilização de motoniveladora. Este tipo de equipamento pode, também, ser utilizado nos casos onde o pré-misturado for empregado como camada de regularização – desde que aprovado pela Fiscalização.

5.6. Equipamento para Compressão

O equipamento para compressão será constituído por rolo vibratório liso, rolo pneumático, rolo metálico liso tipo tandem ou outro equipamento aprovado pela fiscalização e que comprovadamente atenda às exigências de compactação. O rolo vibratório deverá possuir amplitude e frequência de vibração compatíveis com o serviço a ser executado. Os rolos compressores, tipo tandem, devem ter uma carga de 8 a 12tf. Os rolos pneumáticos, autopropulsores, devem ser dotados de pneus que permitam a calibragem de 2,5kgf/cm² a 8,4kgf/cm² (35 a 120 libras por polegada quadrada) – de “pressão variável”.

5.7. Caminhões para Transporte da Mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do pré-misturado, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

A tampa traseira da caçamba deverá ser perfeitamente vedada, de modo a evitar o derramamento de emulsão sobre a pista. Para isto, poderá ser necessária a fixação de dispositivo para a retenção, no interior da caçamba, e posterior remoção, da água oriunda de molhagem do agregado e da ruptura da emulsão asfáltica.

6. EXECUÇÃO

6.1 Antes de serem iniciadas as operações de construção do pré-misturado, a superfície subjacente deverá ter sido limpa e pintada ou imprimada. Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e/ou da pintura de ligação e a do pré-misturado, ou no caso de ter havido trânsito, a imprimação ou a pintura de ligação devem ser rejuvenescidas com uma nova pintura de ligação.

6.2. Produção do Pré-Misturado

A produção do pré-misturado deverá ser efetuada em usinas indicadas em 5.4. e rigorosamente controlada, de modo a se obter uma mistura uniforme.

A viscosidade da emulsão asfáltica no início da mistura deverá estar compreendida entre 75 e 150s SF, preferencialmente entre 75 e 95s SF.

6.3. Transporte do Pré-Misturado

O pré-misturado produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados.

Quando necessário, para que a mistura não sofra ação de intempéries, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

Quando necessário, os caminhões devem permanecer em local apropriado para permitir a drenagem da água proveniente da ruptura da emulsão.

6.4. Distribuição e Compressão da Mistura

Os pré-misturados devem ser distribuídos somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C e com tempo não chuvoso.

A distribuição do pré-misturado deve ser feita por equipamentos conforme já especificado em 5.5.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser sanadas pela adição manual de pré-misturado, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

Após a distribuição do pré-misturado a rolagem será iniciada imediatamente após o início da ruptura da emulsão asfáltica. Pode haver necessidade de um certo período de espera, entre o espalhamento e o início da compressão, se o teor de umidade do pré-misturado for alto. Quanto mais rapidamente ocorrer a perda de umidade, mais rapidamente a mistura deverá ser comprimida.

O construtor poderá optar pela técnica de compressão que melhor lhe aprouver, desde que tenha havido uma experimentação inicial fora do canteiro de serviço propriamente dito e aprovada pela Fiscalização.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de pelo menos a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

6.5. Abertura ao Trânsito

A camada recém-acabada poderá ser aberta ao trânsito imediatamente após o término do serviço de compactação, a critério da Fiscalização, desde que não se note deformação sob a ação do mesmo. É prudente se estabelecer algumas horas de cura.

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1. Materiais

A condição essencial é que os materiais empregados no Pré-Misturado a Frio s Denso tenham características satisfazendo às Especificações Gerais em vigor na AGETOP.

7.1.1 Emulsões Asfálticas

- a) Uma emulsão asfáltica *só poderá ser descarregada no canteiro de serviço se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.*
- b) Em todo o *carregamento de emulsão* que chegar à obra serão realizados os

seguintes ensaios, no *Laboratório de Campo*:

- viscosidade Saybolt-Furol (Método P-MB-581)
- Peneiração (P-MB-609)
- Carga de Partícula (P-MB-563)
- % de CAP residual (Método Expedito – “Coloca-se cerca de 200,0g de emulsão num recipiente o mais leve possível, pesado a 0,1g sem e com a amostra que é levada ao fogo direto até constância de peso; por diferença de peso calcula-se a % de CAP residual em relação ao peso da amostra”).

c) A emulsão será “*aprovada*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).

d) Se a emulsão não for considerada (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x % dos valores exigidos, sendo:

x = 15 para a “Viscosidade”

x = 20 para a “Peneiração”

x = 2 para a “% de CAP Residual” (só para abaixo do mínimo)

Não havendo tolerância para a “Carga de Partícula” (“positiva”), então a emulsão será “*aprovada sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerada “*Não aprovada*” (NAP).

e) Se a emulsão for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se a emulsão for (NAP) – “*não aprovada*” o carregamento correspondente *deve ser rejeitado sendo terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.

f) Se a emulsão de um carregamento for considerado (NAP), deve-se “circular” a emulsão no caminhão e, em seguida, repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra

no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.

- g) Periodicamente, no máximo de 10 em 10 carregamentos, será tomada uma amostra da emulsão e enviada para o Laboratório Central da AGETOP onde serão executados os ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será *suspenso o fornecimento da emulsão asfáltica*, quando:
 - h.1) ocorrem mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - h.2) o número n_1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar de 30% ao número de n_2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo o obrigatoriamente $n_2 \geq 20$;
 - h.3) o *Laboratório Central* da AGETOP assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.
- i) O fornecimento da emulsão asfáltica só será restabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota: Por ocasião do recebimento dos 3 primeiros carregamentos serão traçadas as curvas “Viscosidade x Temperatura”, e posteriormente, de 10 em 10 carregamentos (com 2 pontos: 30 e 70°C; ver AGETOP-ES-P 09/01 – TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES).

7.1.2 Agregados (Graúdo, Miúdo e “Filler”)

- a) Antes do “início da exploração” deverão ser confirmados os valores de “abrasão Los Angeles” e, se for o caso, de “durabilidade, através de ensaios em 3 amostras estrategicamente coletadas. Somente após essa confirmação “poderá ser autorizada a exploração” pela Fiscalização. Posteriormente, esses ensaios só serão repetidos em caso de desconfiança provocada pelo comportamento da pedra, ou da mudança de fonte de agregado.

- b) A Fiscalização manterá um “Fiscal de Usina e de Agregados” permanentemente na área de – localização da Usina e estocagem de agregados, com poderes para impugnar qualquer agregado devido a presença de “muito pó, torrões de argila e partículas moles”.
- c) Para cada 60m³ de “agregado graúdo” e 30m³ do “agregado miúdo” será retirada uma amostra aleatória, para os ensaios de:
- índice de forma (DNER-ME-86/64) ou “partículas defeituosas” (AGETOP-ES-P 09/01), para agregado graúdo,
- e de
- “equivalente de areia”(DNER-ME-54/63), para agregado miúdo.
 - Caso um desses ensaios não satisfizer ao exigido, repete-se os ensaios mais 8 vezes em amostras diferentes, aleatoriamente colhidas, se mais de 2 ensaios não satisfizerem à Especificação, o lote (60m³ ou 30m³), cuja posição deve ter sido previamente assinalada na praça de estocagem, “não poderá ser usado na mistura”.
- d) Se porventura tiver sido projetado “filler” este será examinado quanto a sua granulometria (DNER-ME 83/63) com a amostragem a critério da Fiscalização.

7.2. Execução

- a) *A condição essencial é que a massa asfáltica seja produzida, espalhada e comprimida dentro do Projeto da Mistura e de acordo com todos os itens desta Especificação Geral.*
- b) *O Projeto da Mistura deve ser aprovado por escrito pelo Engenheiro Fiscal e desenvolvido ao Construtor em sua forma definitiva, isto é, após os ajustamentos com pelo menos 10 ensaios com os materiais misturados da usina.*

A Fiscalização deverá impugnar qualquer material que impeça o perfeito enquadramento do “Projeto da Mistura” a esta Especificação, assim como, se for o caso, solicitar uma mudança de usina.

c) O *Projeto da Mistura* deve conter:

c.1) as porcentagens em peso: de agregado graúdo, agregado miúdo e de “filler” (se houver), que compõem a *mistura seca*, considerada como 100%;

c.2) o *teor ótimo de água necessário* ao umedecimento da *mistura seca* (considerada seca) para uma boa trabalhabilidade com a emulsão;

c.3) o teor de emulsão, e o respectivo *teor de CAP residual*, também em relação à *mistura seca*;

c.4) os valores obtidos pela *dosagem Marshall*:

- Porcentagem de vazios (% Vv)
- Massa Específica Aparente (Da – kg/m³)
- Estabilidade Marshall (E – kgf)
- Fluência Marshall (f – mm);

c.5) a faixa de temperatura de mistura da Emulsão, tirada da curva “*Viscosidade x Temperatura*” preferencialmente entre 75 e 95s SF.

d) Para cada 700m² de superfície colhe-se uma amostra da massa asfáltica para os ensaios de “teor residual de CAP”(DNER-ME 53/63 - centrifugação) e de “Granulometria dos Agregados” (DNER-ME 83/63, *imediatamente após o espalhamento*. Molda-se um cp Marshall e determina-se: % Vv, % RBV, % VAM, a estabilidade e a fluência.

Calcula-se o *teor de emulsão* através do “teor residual de CAP” encontrado e da *% de CAP residual na emulsão* obtido no controle da mesma (item 7.1.1.b.)

e) O valor da % Vv como indicado no item (d) serve de orientação para a Fiscalização. Se esse valor estiver sistematicamente fora do intervalo 10 a 20%, então o

Engenheiro Fiscal deve paralisar o serviço e proceder a uma avaliação do referido “Projeto da Mistura. O mesmo para a estabilidade e a fluência. Os valores de % RBV e % VAM servirão como dados para possíveis pesquisas, devendo constar do Relatório Mensal.

- f) Periodicamente, a aproximadamente cada 300t de massa asfáltica produzida, deve ser feita uma amostragem de massa recém espalhada, com a qual se moldará um par de Corpo de Prova Marshall para a obtenção da *massa específica de referência* (DNER-ME 107/80 e DNER-ME 77/63); o resultado Da(referência) é a média aritmética dos 2 resultados, se a diferença entre eles for de até 5% toma-se como resultado somente o maior valor.

Deve-se ter pelo menos um resultado de Da(referência) por dia de trabalho, independentemente da massa produzida. Calcula-se então os diversos “parâmetros Marshall” *% Vv, % RBV e % VAM), em seguida procede-se ao rompimento na prensa Marshall (DNER-ME 107/80), anotando-se a estabilidade e a fluência.

- g) Para cada aproximadamente 700 m² de superfície executada, será extraída (sonda rotativa) uma amostra de PMFsD, sendo nela determinada:
- 1) a espessura, com paquímetro (média de 3 leituras);
 - 2) a densidade aparente e a % de vazios;
 - 3) o “grau de compactação”- GC será calculado pela relação

Nota: O grau de compactação mínimo exigido é de 95%.

- h) os resultados do *grau de compactação* (item g), do *teor de emulsão* (item d) e da *granulometria dos agregados* (em cada peneira especificada – item d) serão analisados de acordo com as seguintes fórmulas, para $15 \geq N \geq 9$, onde N é o número de determinações sucessivas:

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s = U_{\min} - 0,68s$$

$$X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s = U_{\min} + 0,68s$$

onde: $\bar{X} = \Sigma X_i / N$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$

Nota: são desprezados os valores individuais fora do intervalo $\bar{X} \pm 3s$.

i) sendo t_{\min} e t_{\max} respectivamente os valores dados:

- pela *faixa de projeto* para cada peneira (com as tolerâncias)
- como limites mínimo e máximo do teor de emulsão fixados pelo Projeto de *Composição da Mistura*: $(t - 0,5)\%$ e $(t + 0,5)\%$
- como valor mínimo do grau de compactação (só t_{\min}) (95%)

O serviço será considerado “*aprovado*” (AP), se:

$$X_{\min} \geq t_{\min} \quad \text{e} \quad X_{\max} \leq t_{\max}$$

j) se o serviço não for considerado aprovado, conforme o item (h), mas se os resultados estatísticos mostrarem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a $x\%$ dos valores exigidos, sendo:

$\underline{x} = 10$ para *granulometria*

$\underline{x} = 10$ para o *teor de emulsão*

$GC \geq 94\%$

O serviço será considerado “aprovado sob reserva”(APSR)

Em caso contrário, o serviço será considerado “não aprovado”(NAP).

- l) Se o serviço for (AP) ou (APSR) ele “será aceito” e se for (NAP) “não será aceito”, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde uma nova camada de PMFsD, de espessura a determinar, como recobrimento – até o arrancamento da camada executada e a execução de uma nova camada).
- m) Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 3, ou se o número de (APSR) calculado acumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR) calculado com $n \geq 17$, o “serviço será suspenso” para uma aferição geral dos equipamentos e dos materiais, e só poderá ser reiniciado com “ordem por escrito” do Engenheiro Fiscal. Reiniciados os serviços reinicia-se nova contagem para o número n.
- n) Os valores de % Vv, Estabilidade e Fluência Marshall obtidos como indicado no item f, devem servir de orientação para a Fiscalização. Se algum desses valores estiver sistematicamente fora dos valores especificados pelo “Projeto da Mistura”, então o Engenheiro Fiscal deve paralisar o serviço e proceder a uma avaliação do referido “Projeto da Mistura”.
- o) Além do “Fiscal de usina e de Agregados” deverá haver um “Fiscal de Pista”, que acompanhe todos os detalhes referentes aos equipamentos e à execução do serviço, e que fique permanentemente nos locais de serviço. O Fiscal de Pista deverá apontar ao Engenheiro Fiscal todos os fatos considerados danosos à qualidade dos serviços, cabendo a este, a decisão de suspender ou não os serviços. O Controle de temperatura será feito com termômetro manual.

7.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciar os serviços de Pré-Mistura a Frio sD serão traçados gráficos onde em “abcissas” constarão o estaqueamento (ou quilometragem) e em “ordenadas” os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou de “quilometragem”):

- 1) Teor de Emulsão
 - 2) Granulometria dos Agregados
 - 3) Grau de Compactação
- b) A “Fiscalização” elaborará “Relatórios Mensais”, obrigatoriamente assinados e rubricados pela Construtora, contendo os gráficos citados em (a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados “com a qualidade da obra”. Esses Relatórios Mensais deverão ser arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

8. CONTROLE GEOMÉTRICO

8.1. Controle de Espessura

Com base nos resultados de espessuras dos corpos de prova extraídos conforme o item 7.2.g –

- a) em “pontos isolados” a espessura da camada deve estar necessariamente compreendida no intervalo $(h - 0,10h)$ a $(h + 0,10h)$, sendo h a espessura de Projeto.

Caso isso não se verifique, serão extraídos mais 2 corpos de prova (cp), 40m adiante e atrás do furo considerado, determinando-se suas espessuras. Continua-se a extrair cp a cada 40m até se ter uma espessura dentro dos limites considerados, demarcando-se assim a “área defeituosa”. A Fiscalização indicará a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).

- b) Com N resultados de espessuras de corpos de prova extraídos a cada 700m², para $15 \geq N \geq 9$, calcula-se o valor de U_{min} de acordo com o item 7.2.h.
- b.1) Se $U_{min} \geq h - 0,05h$ e $U_{max} \leq h + 0,05h$, sendo h a espessura de Projeto,

o serviço será considerado “*aprovado*” (AP).

Se $U_{min} \geq h - 0,05h$ e $U_{max} \leq h + 0,08h$, o serviço será considerado “*aprovado sob reserva*” (APSR).

Em caso contrário, o serviço será considerado “*não aprovado*”(NAP).

Nota: Para espessuras de Projeto h inferiores a 5cm, ter-se-á:

- em a) $(h - 0,05)cm$ a $(h + 0,05)cm$ (“pontos isolados”)
- em b1) $U_{min} \geq (h - 0,25)cm$ e $U_{max} \leq (h + 0,25)cm$ (AP)
- $U_{min} \geq (h - 0,25)cm$ e $U_{max} \leq (h + 0,40)cm$ (APSR)

b.2) Os serviços considerados (AP) ou (APSR) serão aceitos. Os serviços (NAP) não serão aceitos, devendo a Fiscalização indicar a solução a adotar (desde o recobrimento com uma nova camada do mesmo material – até o arrancamento da camada executada, com a restauração da camada subjacente e a execução de uma nova camada).

b.3. Se o número de (APSR) consecutivos for maior que 2, ou se o número de (APSR) calculado cumulativamente ultrapassar a 30% do número n correspondente a soma (AP + APSR) calculado com $n \geq 10$, o *serviço será suspenso* para uma aferição da acabadora e só poderá ser reiniciado com *ordem por escrito* do Engenheiro Fiscal, quando será iniciada uma nova contagem do número n .

8.2. Controle do Acabamento da Superfície

Durante a execução deverá ser feita, a cada 20m, uma leitura (até mm) correspondente a *máxima variação entre dois pontos quaisquer de contato*, obtida com 2 réguas, uma de 3,00m e a outra de 0,90m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, sobre a superfície terminada. Deve-se ter:

- a) Em “pontos isolados” essa “variação máxima” deve ser $\leq 0,6\text{cm}$.

Em caso contrário, delimita-se a área considerada defeituosa, agindo a Fiscalização como exposto no item 8.1.a.

- b) Se $U_{\text{max}} \leq 0,3\text{cm}$, para $50 \geq N \geq 9$, calculado segundo o item 7.2.h, o serviço será “*aprovado*”(AP) e, se $U_{\text{max}} \leq 0,4\text{cm}$ o serviço *será aprovado sob reserva*” (APSR), aplicando-se então o exposto nos itens 8.1.b.2 e 8.1.b.3.

9. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Agregados:
- A brita e a areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira / areal cuja cópia da licença deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da Obra.
 - Evitar a localização da pedreira e das instalações da britagem em área de preservação ambiental.
 - Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos.
 - Impedir queimadas como forma de desmatamentos.
 - Construir junto as instalações de britagem bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzida em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para os cursos d’água.
 - Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira / areal / usina, assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

b) Ligantes Betuminosos:

- Instalar os depósitos em locais afastados de curso d'água.
- Vedar o refugo de materiais usados a margem da estrada ou em outros locais que possam causar prejuízos ambientais.
- Recuperar a área afetada pelas operações de construção / execução, mediante a remoção da usina dos depósitos e a limpeza de canteiros de obras.
- As operações em usinas misturadoras a frio englobam: a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios; b) transporte e estocagem de filler; c) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e emulsão asfáltica.

c) Quanto a Instalação:

- Impedir a instalação de usinas numa distância inferior a 200m, medidos a partir da base da chaminé, residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.
- Atribuir à Executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação / operação, assim como manter a usina em condições de funcionamento prescrito nestas especificações.

d) Operação:

- Instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes.
- Dotar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante as operações de carregamento.
- Enclausurar a correia transportadora de agregados.
- Dotar o misturador, os silos de agregados e as peneiras classificatórias do

sistema de exaustão, de conexão do sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para atmosfera.

- Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica.
- Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de capacidade.
- Dotar os silos de estocagem de filler, de sistema próprio de filtragem a seco.
- Adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas mangas.
- Acionar os sistemas de controle de poluição do ar, antes dos equipamentos de processos.
- Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.
- Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade), por estabelecer barreiras vegetais no local, sempre que possível.

10. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Pré-Misturado a Frio Semi-Denso será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

PAVIMENTAÇÃO - ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO
PRÉ-MISTURADO TIPO MACADAME - AGETOP - ES-P 15/01 01/16

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Antes da leitura deste item recomenda-se a leitura do item 1. CONCEITOS BÁSICOS DA AGETOP-ES-P 12/01 – PRÉ-MISTURADO A QUENTE e da AGETOP-ES-P 14/01 – PRÉ-MISTURADO A FRIO SEMI-DENSO.

1.2 O termo *Agregado Tipo Macadame* é usualmente empregado para designar um agregado graúdo de granulometria praticamente uniforme.

Assim, *PRÉ-MISTURADO TIPO MACADAME (PMTM)* é aquele cujo agregado é aproximadamente “tipo macadame”.

1.3 O PMTM pode ser quente (PMTM-Q), com CAP – Cimento Asfáltico de Petróleo, ou a FRIO (PMTM-F) com EA – Emulsão Asfáltica Catiônica.

Nesta Especificação os PMTM-Q e PMTM-F são considerados conjuntamente, a exemplo da Especificação DNER-ES-P 106/80 PRÉ-MISTURADO TIPO MACADAME.

1.4 O *Pré-Misturado Tipo Macadame (PMTM)* é um *Pré-Misturado* com % Vazios maior que 20, ou seja: um *PMF Aberto (PMFAb)* (% $V_v > 20$) e um tipo de *PMQ Aberto (PMQ Ab)* (% $V_v > 12$).

1.5 No PMTM a Quente usa-se os CAPs 30/45, 50/60 e 85/100 classificados por penetração, ou os CAPs 20 e 55 (classificados por viscosidade).

1.6 No PMTM a Frio usa-se a Emulsão Asfáltica Catiônica de Ruptura Média RM_2C (com 3 a 12% em volume de solvente), que é preferível à RM-1C (que é menos viscosa, menos própria para envolver partículas de maior diâmetro).

1.7 O *Pré-Misturado Tipo Macadame (PMTM)* tem sido geralmente usado no Brasil, a Quente ou a Frio, como camada de “Binder” ou como camada de “Regularização” sobre velhos Revestimentos Asfálticos, com espessura individual comprimida entre 5 e 10cm.

É de notar que tais camadas quando “*confinadas*” com materiais pouco permeáveis (Acostamento de solos areno-silte-argilosos) têm apresentado um *comportamento desastroso*; entretanto, quando aplicado em toda a largura da plataforma, sem confinamento impermeável, o PMTM quer a Quente ou a Frio tem apresentado *bom comportamento*.

1.8 Nos Estados Unidos, principalmente nos Estados de Oregon e de Washington, o *Pré-Misturado a Frio Aberto* (PMFAB) tem sido usado como *Revestimento Asfáltico* de Pavimentos onde trafegam caminhões muito pesados (transporte de toros de madeira), com uma *Capa Selante* (TSS) e com as seguintes recomendações:

- a) espessura mínima - 6,5cm sobre Base Granular com CBR 80%, convenientemente aumentada para CBRs menores.
- a) agregado com Los Angeles mais baixos –
- b) construir o T. Superficial Simples – após 2 a 3 meses de tráfego.

1.9 No Brasil “Binders” são camadas de “Regularização” de PMTM que, devido a problemas de construção, tiveram adiado seu recobrimento com camadas sobrejacentes, apresentando *bom comportamento* com cerca de 2 anos de tráfego.

1.10 O PMTM tem mostrado um comportamento independente de ser a Quente ou a Frio.

1.11 O PMTM tem sua *estabilidade* derivada praticamente apenas do “*atrito interno*”, pois praticamente não possui *argamassa*. Assim, a *estabilidade Marshall* (corpo de prova rompido sem confinamento lateral) *não tem significado* para caracterizar a *estabilidade* de um Pré-Misturado Tipo Macadame, a qual é garantida pela *conveniente granulometria* de um agregado *bastante resistente a abrasão*, cujas partículas fiquem bem entrosadas devido a uma adequada compressão.

1.12 É óbvio que não se necessita de “filler” nos PMTMs, sendo mesmo o ideal nada se ter passando na peneira n.º 200 (0,074mm), tendo-se permitido apenas 2% pas-

sando a título de tolerância. Por outro lado, é importante o uso de apenas agregado graúdo britado.

1.13 A espessura mínima a comprimir é de 5cm para as faixas mais finas e de 6,5cm para as mais grossas. É conveniente limitar-se em 10cm a espessura individual de cada camada a comprimir (as espessuras citadas são referidas à “pós-compressão”).

1.14 No PMTM a Quente é *obrigatório* o uso de “dope” no CAP com *agregados eletronegativos*.

1.15 O PMTM a Frio é muito recomendado para “*tapa-buracos*”, devendo-se analisar sempre o *problema da retenção d’água*; com sua grande potencialidade de armazenamento (várias semanas, quando abrigado e coberto com lona) é um grande auxiliar do engenheiro de conservação. Nas operações de “Regularização” o PMTM é geralmente espalhado com motoniveladora.

2. DEFINIÇÃO

PRÉ-MISTURADO TIPO MACADAME (PMTM) é uma mistura de agregados preponderantemente graúdos, sem “filler” artificial, espalhada e comprimida a frio ou a quente, *satisfazendo às exigências constantes desta Especificação*.

3. MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às especificações aprovadas pela AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes materiais:

Cimentos Asfálticos de Petróleo (Misturas a Quente)

CAP – 30/45, 50/60 e 85/100 (Classificados por penetração)

CAP – 20 E 55 (classificados por viscosidade)

Emulsão Asfáltica Catiônica (Misturas a Frio)

RM – 2C

3.2. Melhorador de Adesividade (“Dope”)

No caso de agregados tipicamente eletronegativos deve-se usar no CAP um “melhorador de adesividade” (“Dope”), aprovado pela AGETOP, na % indicada no Projeto e obtida geralmente pelo ensaio de adesividade (DNER-ME 78/63).

3.3. Agregados

3.3.1 Agregado Graúdo

Agregado *obrigatoriamente de pedra ou cascalho britados*, ou qualquer outro tipo constante das Especificações Complementares do Projeto. Deve se constituir de fragmentos sãos, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas. O desgaste por “Abrasão Los Angeles” (DNER-ME 35/64) deve ser no máximo de 40%. A forma das partículas apresentando um índice de forma” (DNER-ME 86/64) não inferior a 0,5, ou no máximo de 20% de “grãos defeituosos” (AGETOP-ES-P 09/01). Submetido ao “ensaio de durabilidade” com sulfato de sódio (DNER-ME 89/64) não deve apresentar perda superior a 12% em 5 ciclos.

3.3.2 Agregado Miúdo

Areia, pó-de-pedra ou ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. O “Equivalente de Areia” (DNER-ME 54/63) deve ser igual ou superior a 45%.

4. COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A Composição granular do PMTM deve atender a uma das seguintes faixas granulométricas, ou outra indicada nas Especificações Complementares:

% em peso, passando

PENEIRA ASTM mm	I	II	III	IV	V
1 1/2" 38,1	100	100	—	—	—
1" 25,4	70-90	95-100	100	100	—
3/4" 19,1	68-85	—	—	—	100
1/2" 12,7	50-80	25-100	—	45-70	60-80
3/8" 9,5	—	—	55-75	—	—
N.º 4 4,8	5-30	0-10	25-45	0-20	5-35
N.º 10 2,0	0-6	0-3	0-7	0-6	0-10
N.º 200 0,074	0-2	—	0-2	0-2	0-2
Espessura * - cm	6,5 - 10,0	5,0 - 10,0	5,0 - 10,0	5,0 - 10,0	5,0 - 10,0
Emulsão Asfáltica	RM - 2C				
CAP	30/45 - 50/60 - 85/100 ou 20 e 55				

A fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

A curva granulométrica poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas, em relação à Curva de Projeto, aplicando-se os limites indicados no item relativo ao controle:

<u>PENEIRAS</u>	<u>mm</u>	<u>% PASSANDO EM PESO</u>
3/8" a 1 1/2"	9,5 a 38,1	± 8
n.º 40 a n.º 4	0,42 a 4,8	± 6
n.º 200	0,074	+ 1 (para mais)

Essas tolerâncias para a Curva de Projeto deve conduzir a valores sempre limitados pela Faixa Granulometricamente correspondente.

5. EQUIPAMENTO

Todo equipamento antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização, *sem o qual não será dada a ordem de serviço.*

5.1. Depósitos para Emulsão Asfáltica

Os depósitos para a emulsão asfáltica deverão ser completamente vedados, de modo a evitar o contato deste material, com ar, água, poeira, etc. Os tanques deverão dispor ainda de dispositivos que permitam a homogeneização, aquecimento ou resfriamento da emulsão (se necessário), assim como serem dotados de termômetros para controle de temperatura.

Na ligação do depósito com o misturador da usina deverá haver sistema que possibilite o perfeito controle da vazão do material.

A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

5.2. Depósitos para Cimento Asfáltico

O depósito para cimento asfáltico deverá ser capaz de aquecer o material, às temperaturas fixadas nesta Especificação. O aquecimento deverá ser feito por meio de serpentinas a vapor, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato de chamas com o interior do depósito. Deverá ser instalado um sistema de circulação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

5.3. Depósitos para Agregados

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente,

as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga.

5.4. Usinas para Pré-Misturado a Frio

A Usina, que poderá ser gravimétrica ou volumétrica, deverá estar equipada com um misturador tipo “Pugmill”, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura.

Sobre a correia transportadora deverá ser adaptado *dispositivo para umedecimento da mistura de agregados*. Os silos deverão dispor de comportas reguláveis e capacidade suficiente para que a alimentação da correia transportadora seja controlada e contínua.

5.5. Usinas para Pré-Misturado a Quente

Cada usina deverá estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador tipo *pugmill*, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou *outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme*. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura. *Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90° C a 210° C, deverá ser fixado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga no misturador.* A usina deverá ser equipada, além disso, com um *termômetro de mercúrio, com escala em “dial”, pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente, para registrar a temperatura dos agregados.*

5.6. Equipamento para o Espalhamento do Pré-Misturado a Frio

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento

requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. Preferencialmente, deverão possuir dispositivos eletrônicos para o controle da espessura.

Quando não se dispuser de acabadora, poderá ser utilizado um distribuidor automotriz do tipo utilizado para espalhamento de agregados, em serviços de menor rigor técnico, a critério da Fiscalização. Quando não houver possibilidade de utilização dos equipamentos citados ou quando o pré-misturado é estocado em montes ao longo do trecho, recomenda-se a utilização de motoniveladora. Este tipo de equipamento pode, também, ser utilizado nos casos onde o pré-misturado for empregado como camada de regularização – desde que aprovado pela Fiscalização.

5.7. Equipamento para o Espalhamento do Pré-Misturado a Quente

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadores automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente na largura desejada, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. Preferencialmente, deverão possuir dispositivos eletrônicos para o controle da espessura. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidade.

Em serviços de menor rigor técnico, a critério da Fiscalização, pode-se usar a motoniveladora para o espalhamento do Pré-Misturado.

5.8. Equipamento para Compressão (A Frio e a Quente)

O equipamento para compressão será constituído por rolo vibratório liso, rolo pneumático, rolo metálico liso tipo tandem ou outro equipamento aprovado pela Fiscalização e que comprovadamente atenda às exigências de compactação. O rolo vibratório deverá possuir amplitude de frequência de vibração compatíveis com o serviço a ser executado. Os rolos compressores, tipo tandem, devem ter uma carga de 8 tf a 12 tf. Os rolos pneumáticos,

autopropulsores, devem ser dotados de pneus que permitam a calibragem de 2,5 kgf / cm² a 8,4 kgf/cm² (35 a 120 libras por polegada quadrada) – de “pressão variável”.

5.9. Transporte de Pré-Misturado a Frio

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do pré-misturado a frio deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

A tampa traseira da caçamba deverá ser perfeitamente vedada, de modo a evitar o derramamento de emulsão sobre a pista. Para isto, poderá ser necessária a fixação de dispositivo para a retenção, no interior da caçamba, e posterior remoção, de água oriunda de molhagem do agregado e da ruptura da emulsão asfáltica.

5.10. Transporte do Pré-Misturado a Quente

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do pré-misturado a quente, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

6. EXECUÇÃO

6.1. Execução do Pré-Misturado a Frio

6.1.1 Antes de serem iniciadas as operações de construção do pré-misturado, a superfície subjacente deverá ter sido limpa e pintada ou imprimada. Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e/ou da pintura de ligação e a do pré-misturado ou no caso de ter havido trânsito, a imprimação ou a pintura de ligação deverão ser rejuvenescidas com uma nova pintura de ligação.

6.1.2 Produção de Pré-Misturado

A produção do pré-misturado deverá ser efetuada em usinas indicadas em 5.4 e rigorosamente controlada, de modo a se obter uma mistura uniforme.

A viscosidade da emulsão asfáltica no início da mistura deverá estar compreendida entre 75 e 150 s SF, preferencialmente entre 75 e 95 s SF.

6.1.3 Transporte do Pré-Misturado

O pré-misturado produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados.

Quando necessário, para que a mistura não sofra ação de intempéries, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

Quando necessário, os caminhões devem permanecer em local apropriado para permitir a drenagem da água proveniente da ruptura da emulsão.

6.1.4 Distribuição e Compressão da Mistura

Os pré-misturados devem ser distribuídos somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C e com tempo não chuvoso.

A distribuição do pré-misturado deve ser feita por equipamentos conforme já

especificado em 5.6

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser sanadas pela adição manual de pré-misturado, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

Após a distribuição do pré-misturado a rolagem será iniciada imediatamente após o início da ruptura da emulsão asfáltica. Pode haver necessidade de um certo período de espera, entre o espalhamento e o início da compressão, se o teor de umidade do pré-misturado for alto. Quanto mais rapidamente ocorrer a perda de umidade, mais rapidamente a mistura deverá ser comprimida.

O construtor poderá optar pela técnica de compressão que melhor lhe aprouver, desde que tenha havido uma experimentação inicial fora do canteiro de serviço propriamente dito e aprovada pela Fiscalização.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto.

Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de pelo menos a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

6.1.5 Abertura ao Trânsito

A camada recém-acabada poderá ser aberta ao trânsito imediatamente após o término do serviço de compactação, a critério da Fiscalização, desde que não se note deforma-

ção sob a ação do mesmo. É prudente se estabelecer algumas horas de cura.

6.2. Execução do Pré-Misturado a Quente

6.2.1 Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação ou pintura de ligação e a da camada asfáltica, ou no caso de ter havido trânsito, ou, ainda, recobrimento com areia, pó-de-pedra, etc., deverá ser feita uma *pintura de ligação*.

A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico, no momento da mistura, deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 a 150 segundo, Saybolt-Furol, indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 75 a 95 segundo, Saybolt-Furol. Não podem ser feitas misturas a temperaturas inferiores a 170°C e nem superior a 177°C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5° a 10°C, acima da temperatura do CAP, este com no máximo 170°.

6.2.2 Produção do Pré-Misturado a Quente

A produção do *Pré-Misturado a Quente* deve ser efetuada em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado em 5.5.

6.2.3 Transporte do Pré-Misturado a Quente

O *Pré-Misturado a Quente* produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados. Devem ser evitadas distâncias superiores a 50km, ou menos de acordo com a temperatura ambiente quando a distância máxima será fixada pela Fiscalização.

Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada,

cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

6.2.4 Distribuição e Compressão da Mistura

O *Pré-Misturado a Quente* produzido deve ser distribuído somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso.

A distribuição do *Pré-Misturado a Quente* deve ser feita por máquinas acabadoras, conforme já especificado em 5.7.

Após a distribuição do *Pré-Misturado a Quente* tem início a rolagem. Como norma geral, a *temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar*, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada passo.

Caso sejam empregados *rolos de pneus de pressão variável*, inicia-se a rolagem, com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, conseqüentemente, suportar pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada *pelos bordos, longitudinalmente continuando em direção ao eixo da pista*. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a *compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto*. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de, pelo menos, a metade da largura rodada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compressão especificada.

Durante a rolagem, *não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado*. As rodas do rolo metálico deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura e as rodas do rolo pneumático deverão, no início da rolagem, ser levemente untadas com *óleo queimado*, com a mesma finalidade.

6.2.5 Abertura ao Trânsito

A *Camada de Pré-Misturado a Quente* recém-acabada deverá ser mantida sem trânsito até o seu completo resfriamento.

7. CONTROLE TECNOLÓGICO E GEOMÉTRICO

7.1 Um *Pré-Misturado Tipo Macadame* (PMTM) pode ter sua utilização classificada em dois grandes grupos de serviços:

- a) *Serviços de Maior Responsabilidade* – enquadrando-se aí as misturas para a execução de
 - *Base*
 - *Binder* (ou Camada de Rolamento)
 - *Revestimento* (necessariamente com uma capa selante).

- b) *Serviços de menor Responsabilidade* – enquadrando-se aí as misturas para a execução de
 - *Camada de Regularização* (a Quente ou a Frio)
 - *“Tapa-Buracos”* (a Quente ou a Frio)
 - *Serviços Diversos de Conservação* com “Misturas Estocáveis” (necessariamente a Frio).

7.2 Serviços de Maior Responsabilidade

O CONTROLE GEOMÉTRICO é exatamente o mesmo do Pré-Misturado a Quente – PMQ (AGETOP-ES-P 12/01) que, aliás, é igual ao do Pré-Misturado a Frio Semi-Denso (AGETOP-ES-P 14/01).

O CONTROLE TECNOLÓGICO do PMTM a Quente é o mesmo dado pela Especificação AGETOP-ES-P 12/01, e do *PMTM a Frio* o mesmo dado pela Especificação AGETOP-ES-P 14/01, a menos das exigências referentes ao ensaio Marshall que não tem sentido prático nesse tipo de mistura. Entretanto, devem ser retiradas as *amostras*

indeformadas, de que falam as referidas Especificações, para o cálculo do *Grau de Compactação*, devendo obedecer as mesmas exigências para a *aceitação*. Devido a grande porosidade dos corpos de prova indeformados, cuidados especiais devem ser tomados para a determinação da *Densidade Aparente* – Da, de acordo com o Método de Ensaio aprovado pela AGETOP.

7.3. Serviços de Menor Responsabilidade

O CONTROLE TECNOLÓGICO passa a ser *muito subjetivo*, ficando inteiramente a cargo do bom-senso do Engenheiro-Fiscal. Por exemplo, em certos casos pode-se exigir o *Controle dos Materiais*, e mesmo da *Execução*. Em outros, até o *Controle da Compactação* é feito a *sentimento*. Do mesmo modo para o CONTROLE GEOMÉTRICO.

8. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Agregado:
- Autorizar a aceitação do agregado somente após aprovação da licença ambiental para a exploração da pedreira.
 - Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.
 - Planejar adequadamente a exploração da pedreira para minimizar os danos inevitáveis e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.
 - Não provocar queimadas como forma de desmatamento.
 - Construir junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para a retenção do pó de pedra, eventualmente produzido em excesso ou por lavagem de brita, evitando seu carreamento para os cursos d'água.

- Quanto ao agregado pétreo fornecido por terceiros, exigir documentação atestando regularidade das instalações, bem como, sua operação junto ao órgão ambiental competente.

b) **Ligante Betuminoso:**

- Instalar depósitos em locais afastados dos cursos d'água.
- Vedar o lançamento de refugo de materiais usados na faixa de domínio e áreas lindeiras onde possam causar prejuízos ambientais.
- Ao desmobilizar o canteiro proceder à remoção de tanques, limpeza e recuperação da área afetada pela operação de construção / execução.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Pré-Misturado Tipo Macadame será medido e pago de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 A *Lama Asfáltica* é uma mistura caracterizada pela sua aplicação na temperatura ambiente, com uma consistência bem fluida (dita “consistência de lama”) e numa espessura muito pequena (3 a 9,5mm).

1.2 A “Lama Asfáltica”(LA) é preparada misturando-se inicialmente: (areia de rio + pedrisco ou/e pó-de-pedra + “filler”) com água (de 10 a 20% em peso), e em seguida, acrescentando-se a mistura úmida – uma emulsão asfáltica de ruptura lenta (cerca de 15 a 25% em peso, em relação a mistura seca). A função da água é *molhar* os agregados permitindo uma melhor mistura com a emulsão, e permitir a obtenção de uma *consistência de lama*.

1.3 A *consistência de lama* (“lechada” em espanhol, “Coulis” em francês e “slurry” em inglês) deve permitir a aplicação da mistura na pista - “*sem escorrimento*” e “*sem desagregação*”.

1.4 Após o espalhamento da mistura tem-se de esperar a “cura” (cerca de umas três horas com emulsões catiônicas), que consiste: na ruptura da emulsão (separação do asfalto da água) e na evaporação da água. É costume admitir-se que uma LA não tem vazios, não sendo pois preciso compactá-la; entretanto, tal não acontece, pois o LA possui uma porcentagem de vazios apreciável. Por outro lado, devido a sua pequena espessura, as densificações diferenciais são negligenciáveis, ou seja, geralmente a *compactação pelo tráfego* é satisfatória, sendo porém interessante algumas passagens de um rolo pneumático imediatamente antes da abertura ao tráfego (se o tráfego for pouco intenso é muito importante essa compactação).

1.5 A *impermeabilidade* é considerada geralmente como a primeira das qualidades de uma LA. Entretanto, mesmo após a densificação pelo tráfego (ajudada ou não pelos rolos pneumáticos) sua porcentagem de vazios não é negligenciável. É interessante notar que a permeabilidade de uma mistura asfáltica é muito influenciada pelo *tamanho dos vazios*; numa *mistura fina* os vazios são pequenos e interconectados de tal modo que dificultam muito mais a percolação da água do que a mesma % Vv de uma mistura graúda. Como ilustração, tem-se (permeameto de carga permanente):

Concreto Asfáltico (% Vv : 3 - 5); K = 10^{-6} a 10^{-4} cm/s

Areia Asfalto (% Vv : 3 - 8); K = 10^{-9} a 10^{-5} cm/s

Onde K é o *coeficiente de permeabilidade*. Pode-se, então, admitir lama asfáltica K = 10^{-9} a 10^{-5} cm/s, ou seja, de dez a mil vezes menor que a do concreto asfáltico. Entretanto, deve-se salientar que, na realidade, a *permeabilidade* de uma *mistura asfáltica* é um assunto muito complexo.

1.6 Devido a sua consistência altamente fluida, a LA é muito indicada para *selar* Revestimentos Asfálticos *desgastados e fissurados*, contanto que *ainda mantenham sua conformação geométrica*, pois devido a sua pequena espessura (3 a 9,5,mm) não pode desempenhar o papel de *camada regularizadora*.

1.7 Pode-se numa LA empregar emulsões asfálticas: “*aniônicas*”, “*catiônicas*” e as “*não iônicas*”, todas de *ruptura lenta*, isto é, permitindo uma boa mistura com os agregados (cerca de 5 a 20% passando na peneira n.º 200) . No Brasil o IBP/BNT tem especificado as chamadas Emulsões para Lama Asfáltica (P-EB-599): LA-1 e LA-2 (aniônicas), LA-1C e LA-2C (catiônicas) e LA_E (especial – não iônica); pode-se também usar a emulsão catiônica de ruptura lenta RL-1C (P-EB-472). As emulsões aniônicas dando *adesividade insatisfatória* com os *agregados eletronegativos* (granito), gnaisse, quartzito, etc., que constituem 80% dos agregados brasileiros) não estão sendo mais fabricadas. A RL-1C apresenta adesividade satisfatória tanto com os agregados eletronegativos como com os *agregados eletropositivos* (calcário, basalto, diabásio, etc.) e, de um modo geral, é superior à LA-E, embora essa última possa também apresentar *adesividade satisfatória* com os diversos tipos de agregados (devendo-se, nesse caso, fazer o ensaio de adesividade para confirmação). Pode-se então indicar as emulsões: RL-1C; LA-1C; LA-2C e LA-E.

1.8 O *ponto fraco* das Lamas Asfálticas (LAS) é o *desgaste*, tornando fundamental o problema da *adesividade* (condição necessária mas não suficiente). Foi então inventado o ensaio – “*The Wet Track Abrasion Test*” (WTAT), adotado pelo DNER em sua ES-P 23-71, no qual – um corpo de prova de lama asfáltica, submetido a condições de umidade, sofre uma perda de peso provocada pelo atrito de uma borracha especial que exerce uma pressão padrão, durante 5 minutos. O resultado é dado em grama/cm² do material de LA perdido durante o ensaio. O

valor máximo tolerado pelo DNER é de 0,11 g/cm², aconselhando-se, entretanto, fazer-se a dosagem para um valor máximo de 0,08g/cm².

1.9 A LA teve um grande impulso no meio técnico internacional no fim da década de 50, chegando no Brasil na década de 60, ficando histórica a publicação n.º 475/1966 – Lama Asfáltica – do IPR (ainda sob a jurisdição do CNPq), que preconiza a seguinte faixa granulométrica (adotada pelo DNER em 1971, ES-P 23-71:

Peneira n.º	4	8	16	30	50	100	200
% passando, em peso	100	80-100	50-90	30-60	20-45	10-25	5-15

A ES-P 23-71 permite o emprego de areia de rio, mistura com pó de pedra, usando-se como “filler” preferencialmente o cimento Portland mas sendo admitido o “filler” calcário. Atualmente, usa-se uma mistura de areia de rio (lavada) com um mínimo de 30 e com um máximo de 60% de pó de pedra. A areia dá a *necessária trabalhabilidade* e o pó de pedra *diminui o desgaste* além de dar melhores condições de rolamento e de diminuir a quantidade granulometricamente necessária de “filler” (cimento, etc.).

Posteriormente, sob a orientação da ISSA – “International Slury Seal Association” passou-se a usar uma LA mais grossa com Dmax da ordem de 1/4” e de 3/8”- com a denominação coloquial de *Farofa Asfáltica* (Faixas 2 e 3 da ISSA). É de se notar que a “Faixa 1 da ISSA” é um pouco mais fina que a chamada “Faixa do DNER”.

1.10 Tem-se, aproximadamente:

	DNER	ISSA I	ISSA 2	ISSA 3
100% passando – peneira	n.º 4	n.º 4 ⁽³⁾	3/8" ⁽²⁾	3/8"
% passando peneira n.º 200	5-15	10-20	5-15	5-15
Mistura seca (kg/m ²)	4-6	2,5-5	5,5-8	8-13,5
% de água da mistura (1)	10-20	10-20	10-15	10-15
% de Emulsão (l)	12-20	15-25	11-21	10-19
Espessura (mm)	3-4	2,5-3	4-6,5	6-9,5

- (1) em relação ao peso da mistura seca
- (2) na adaptação brasileira considera-se a peneira de 1/4" e (3) – a peneira n.º 8

1.11 A *Faixa 1* se utiliza quando o antigo Revestimento se apresenta com muitas fissuras finas que não podem ser preenchidas por uma LA mais grossa; geralmente são recobertas com outra LA *Faixa 2* ou *Faixa 3*.

A *Faixa do DNER* é usada no caso de Revestimentos Desgastados, sem um número grande de fissuras muito finas e sem “desgastes diferenciais” muito grandes. Dá uma ótima superfície de rolamento.

A *Faixa 2* é usada para Revestimentos com maiores “desgastes diferenciais”, que necessitam de um pouco mais de espessura; no caso extremo de desgastes diferenciais, usa-se a *Faixa 3*, sendo que ambas as *Faixas* dão ótimas superfícies de rolamento.

A *Faixa 3* pode ser estudada como alternativa do TSS para Revestimento dos Acostamentos.

1.12 A *dosagem* deve ser feita por tentativas, num Laboratório Central munido da máquina para o ensaio de desgaste WTAT. A condição fundamental é que se obtenha uma *Consciência de Lama* aliada com o máximo valor de desgaste de 0,11g/cm² e preferencialmente de 0,08g/cm².

Geralmente se usa uma mistura de: areia, pedrisco e pó de pedra, e um “filler” (geralmente: cimento Portland, ou cal hidratada, ou pó calcário); vários engenheiros são favoráveis ao cimento, enquanto outros preferem a cal. O teor de “filler” geralmente varia de 2 a 6% em relação ao peso total da mistura seca.

Normalmente ensaia-se 5 teores de emulsão; por exemplo: 12 – 14 – 16 – 18 – 20% em peso, em relação a mistura seca. Para cada um desses teores pesquisa-se o teor ideal para a água de mistura. Para os 3 teores de emulsão mais promissores, escolhe-se aquele que conduz ao menor desgaste.

1.13 As exigências mais usuais para a mistura seca de agregados, são, além de granulometria da Faixa escolhida:

- a) Equivalente de Areia – EA maior que 45%
- b) Adesividade Satisfatória com a emulsão asfáltica escolhida
- c) a Abrasão Los Angeles da pedra que forneceu os materiais britados não deve ser superior a 50%.

1.14 A areia, o pó de pedra e o pedrisco, após os devidos peneiramentos, deverão ser misturados em betoneiras usando-se padiolas calibradas, de modo a se obter o “traço seco” estabelecido, e estocados em uma praça central de onde sairão para alimentar o *siló de agregados da Usina Móvel de Lama Asfáltica*. Não é conveniente dividir-se o siló de agregados da Usina Móvel em 2 ou 3 partes (se são 2 ou 3 os componentes dessa mistura) e tentar fazer a dosagem na própria usina; não se tem conseguido boas misturas.

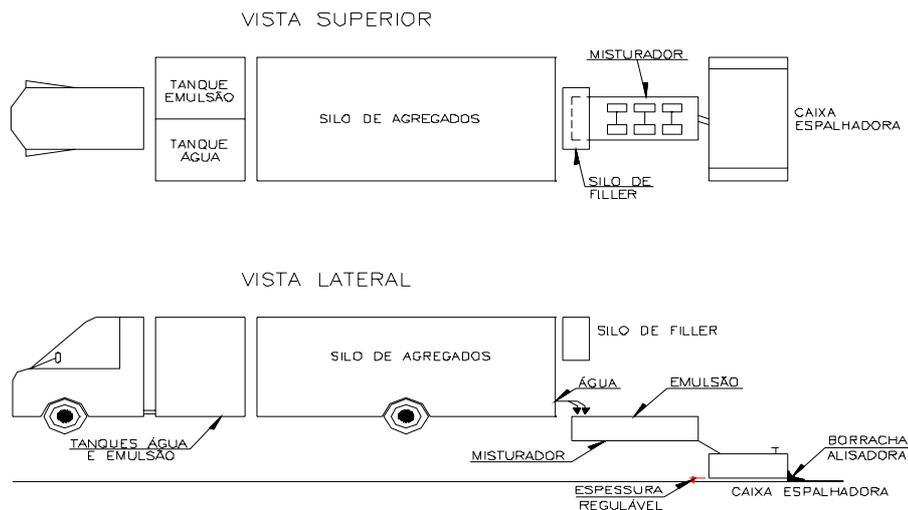
1.15 Na *Usina Móvel* existe, além do siló de agregados, um *siló de filler*, assim também como: um *tanque de água*, um *tanque de emulsão* e um *misturador*.

A seguir, apresenta-se um esquema de uma *Usina de Lama Asfáltica* montada num chassi de caminhão, com o detalhe da *caixa espalhadora* arrastada pelo caminhão através de correntes, montada sobre borracha tipo neoprene com dispositivo para regulagem de espessura da lama.

A mistura de agregados e o filler são enviados ao misturador em correias transportadoras; no misturador primeiro entra a *água de mistura*, no teor acertado (geralmente faz-se pequenas alterações no teor do laboratório, pois a *trabalhabilidade* na usina pode ser diferente), e depois a emulsão que vai envolver o *agregado molhado*.

A mistura úmida, na *consistência de lama*, passa então para a *caixa espalhadora* que conta, na sua saída, com uma espécie de rodo de *borracha alisadora*.

ESQUEMA DE UMA USINA DE LAMA ASFÁLTICA



A Usina dispõe de mangueira d'água capaz de umedecer a superfície do revestimento a tratar, a fim de evitar que a absorção da água seja muito rápida, alterando o tempo de ruptura da emulsão.

1.16 A execução do *Serviço de Lama Asfáltica* é aparentemente simples, mas necessita: de um *ótimo motorista* que conduza eficientemente o *Caminhão de Lama*, de um *experientado operador de Usina*, de um *competente encarregado de serviço* que acompanhe todas as fases do Serviço – desde a recepção dos agregados componentes, sua mistura, a recepção da emulsão, etc. – até a limpeza e preservação da Usina Móvel, e de um *bom laboratorista*. Toda a equipe chefiada por um *engenheiro de campo*, especialista nesse serviço, e que esteja *permanentemente* na obra.

1.17 A *vida de serviço* de uma Lama Asfáltica varia de 2 a 6 anos, dependendo de vários fatores: projeto adequado, construção bem feita, clima, tráfego, qualidade do asfalto residual, etc. Como já se disse, uma LA embora bastante impermeável à água não o é ao ar, havendo o envelhecimento do asfalto, que é bastante acelerado devido a *grande "área*

específica” decorrente das pequenas dimensões dos grãos. Como se sabe, a “*área específica*”, área por unidade de volume, é inversamente proporcional ao diâmetro d da partícula. O asfalto endurecendo, tem-se uma *lâmina asfáltica friável* que não resistirá muito tempo às deflexões produzidas pelo tráfego. Uma boa solução é proteger uma LA com um Tratamento Superficial. Caso se tenha ainda uma boa conformação geométrica, uma sólida infra-estrutura, mas um Revestimento Asfáltico bastante fissurado e desgastado, uma solução barata e tecnicamente boa é – uma *Lama Asfáltica* protegida por um *Tratamento Superficial Duplo*, durando uns 10 anos com um tráfego da ordem de $N_{10} = 5 \times 10^6$

A qualidade do *Asfalto Residual*, que pode apresentar maior ou menor resistência ao envelhecimento, é fundamental para uma razoável duração de vida de uma LA. Essa *qualidade* depende da natureza do petróleo de base e do processo do seu refinamento para a obtenção do asfalto, ou seja, é da responsabilidade do fabricante.

1.18 Como os LAS são geralmente executadas em rodovias com tráfego, deve-se dar especial atenção ao problema de Sinalização durante a execução dos serviços.

2. DEFINIÇÃO

LAMA ASFÁLTICA – É uma mistura asfáltica aplicada na temperatura ambiente, com uma consistência “*de lama*”, obtida pela mistura de areia natural, pedrisco ou/e pó de pedra, “*filler*” com água e emulsão asfáltica, de acordo com o estabelecido nessa Especificação.

3. MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às Especificações aprovadas pela AGETOP.

3.1. Material Asfáltico

Podem ser empregados os seguintes materiais:

Emulsões Asfálticas Catiônicas (P-EB-472) – RL-1C

Emulsões para Lama Asfáltica (P-EB-599) – LA-1C, LA-2C e LA-E

3.2. Agregados

3.2.1 Areia - De preferência areia de rio lavada, podendo entretanto ser usada outro tipo de areia, suas partículas individuais sendo resistentes e limpas, devendo apresentar um Equivalente de Areia igual ou superior a 40% (DNER-ME 54/63).

3.2.2 Pedrisco e Pó de Pedra – Provenientes da britagem de pedra com Desgaste por Abrasão Los Angeles no máximo de 50% (DNER-ME 35-64), com partículas individuais resistentes e limpas, devendo apresentar um Equivalente de Areia igual ou superior a 50% (DNER-ME 54/63).

3.2.3 “Filler” – Deverá de preferência ser usado o cimento Portland, a cal britada e o pó calcário. A quantidade de “filler” deve, de preferência, estar compreendida entre 2% e 6% do peso da areia + pedrisco + pó de pedra. Pode acontecer que as granulometrias dos demais agregados dispensem o “filler artificial” para o enquadramento da mistura na faixa granulométrica desejada; neste caso, e se ficar demonstrado que até 2% de “filler artificial” não melhoram as qualidades da LA, fica dispensado seu uso. O “filler” deve satisfazer a seguinte composição granulométrica:

<u>peneiras</u>	<u>% em peso, passando</u>
n.º 40	100
n.º 80	min. de 95
n.º 200	min. de 65

3.3 Água – Deverá ser limpa, isenta de matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais à ruptura da emulsão asfáltica. Será empregada na quantidade necessária a promover a consistência adequada.

4. COMPOSIÇÃO DA MISTURA – DOSAGEM

São apresentadas a seguir, 4 Faixas Granulométricas para a “mistura seca” de agregados (inclusive filler), isto é, antes da adição da chamada “água de mistura”. Uma é a faixa tradicional do DNER para a “Lama Fina”, e as outras 3 são derivadas da ISSA: A *Faixa 1* (“Lama Fina”), mais fina que a do DNER) e as *Faixas 2 e 3* (“Lama Grossa”, usualmente chamada de “Farofa Asfáltica”). É de se notar que, enquanto a *Faixa 1* é transcrita integralmente da ISSA, a *Faixa 2* e a *Faixa 3* apresentam pequenas modificações introduzidas no Brasil por J.C. Vogt (a série de peneiras n.º 8 – 16 – 30 – 50 – 100 – 200 foi alterada para 10 – 16 – 40 – 80 – 200, mais usual nos laboratórios de campo brasileiros; e na *Faixa 2* original o limite superior é a peneira 3/8”, igual a *Faixa 3*, passando agora para 1/4”, e na *Faixa 1* o limite superior foi modificado da peneira n.º 4 para a peneira n.º 8).

% em peso, passando					
PENEIRA ASTM (mm)		DNER (Tradicional)	ISSA		
			Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3
3/8"	9,5	—	—	—	100
1/4"	6,3	—	—	100	82-100
n.º 4	4,8	100	—	85-100	70-95
8	2,4	80-100	100	—	—
10	2,0	—	90-100	60-85	40-64
16	1,2	50-90	65-90	45-75	28-50
30	0,6	30-60	40-60	—	—
40	0,42	—	—	22-40	15-30
50	0,31	20-45	25-42	—	—
80	0,18	—	—	12-22	8-20
100	0,15	10-25	15-30	—	—
200	0,074	5-15	10-20	5-15	5-15
Mistura Seca kg/m ²		4-6	2,5-5	5,5-8	8-13,5
Espessura (mm)		3-4	2,5-3	4-6,5	6- 9,5
% em relação ao peso da “mistura seca”					
Água mistura		10-20	10-20	10-15	10-15
Emulsão		12-20	15-25	11-21	10-19

Utilização A – Enchimento de Fissuras; B – Rejuvenescimento em geral de Revestimento Asfáltico com pequeno desgaste diferencial; C – idem, com médio desgaste diferencial. D – idem, com grande desgaste diferencial; E – Capa Selante de misturas abertas de textura lisa; F – idem, de textura áspera; G – Revestimento de Acostamento ou Pistas de tráfego leve.

Faixa DNER: A – B – E;

Faixa 1 : A – E ;

Faixa 2 : C – F ;

Faixa 3 : D - G.

O *Projeto da Composição da Mistura* deve indicar a *faixa de projeto*, os limites min e max do *teor de emulsão* e uma indicação da *água de mistura*.

Escolhida a *faixa granulométrica*, que pode ser uma das quatro sugeridas, ou outra dada pelas *Especificações Complementares*, deve a dosagem ser feita em Laboratório Central que possua a aparelhagem para o “*Wet Track Abrasion Teste*” (WTAT).

O “*Traço*” deve ser dado em peso, considerando-se a *mistura seca* (inclui o filler) como 100%; em relação a *mistura seca*, devem ser indicadas as porcentagens em peso: da *água de mistura* e de *emulsão asfáltica* indicada.

A *composição da mistura*, dada pelo Laboratório Central, só pode ser alterada no canteiro no que diz respeito ao teor de *água de mistura*, para adequar a trabalhabilidade da mesma: os agregados devem ficar perfeitamente envolvidos, e a mistura ao ser espalhada não deve “*escorrer*” e nem *desagregar* (ou *encrespar* ou “*arrepiar*”).

A mistura sêca deve apresentar:

- um Equivalente de Areia (DNER-ME 54-63) igual ou superior a 40% e a dosagem deve conduzir a uma Lama Asfáltica com
- um desgaste WTAT máximo de 0,08 g/cm, obtido de acordo com o método de ensaio aprovado pela AGETOP.

5. EQUIPAMENTO

5.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada a *ordem de serviço*.

5.2 É obrigatório, para a expedição da *ordem de serviço* que o *canteiro de serviço* esteja montado, contando no mínimo com:

- a) uma área conveniente para estocagem dos agregados recebidos (areia, pó de pedra e pedrisco) e para a mistura desses agregados;
- b) um depósito apropriado para a estocagem do “filler”;
- c) peneiras para a seleção de materiais, de acordo com a faixa granulométrica do Projeto;
- d) betoneiras, com padiolas aferidas, para a mistura de agregados;
- e) tanques para recepção de emulsão asfáltica;
- f) motobomba para circulação de emulsão;
- g) motobomba para transferência de água;
- h) carro tanque para água e emulsão;
- i) pá carregadeira;
- j) vassouras mecânicas e trator de pneus;
- l) caminhão basculante de apoio;
- m) pás, enxadas, vassouras, rodos de borracha, lona para cobrir agregados, sinalizadores, etc.;

- n) “Caminhão – Usina” de Lama Asfáltica;
- o) rolo compactador pneumático autopropulsor ou recobável.

5.3. O “Caminhão Usina” deve ter:

- a) silo para agregados, com capacidade mínima de 3m³;
- b) silo de “filler”, com alimentador automático;
- c) tanque d’água com capacidade mínima de 1.500 litros, munido de “mangueira” para espargimento d’água;
- d) tanque de emulsão capacidade mínima de 1.500 litros;
- e) sistema de circulação e alimentação de emulsão asfáltica correlacionado com o sistema de alimentação do agregado, de modo a assegurar perfeito controle do traço;
- f) sistema misturador “pugmill”, do tipo pás móveis a corpo fixo, capaz de processar uma mistura uniforme e de despejar a massa na “caixa espalhadora” em operação contínua, sem processo de segregação;
- g) “caixa distribuidora”, atrelada por correntes ao chassi, montada sobre borracha tipo neoprene, que vai se apoiar diretamente sobre a superfície a tratar, com largura regulável para o serviço em questão, devendo ser suficientemente pesada para garantir uniformidade, munida de um regulador de espessura e de uma borracha para acabamento.

5.4 Em casos especiais, a mistura pode ser executada, na pista, manualmente, Neste processo, a mistura é realizada em betoneiras, derramada diretamente sobre a pista e espalhada uniformemente por operários munidos de rodos e vassourões apropriados. O processo manual é, entretanto, falho e moroso, podendo ser adotado, apenas, em obras de pequeno vulto.

6. EXECUÇÃO

6.1. Sinalização, Limpeza e Preparo da Pista

Nas rodovias com tráfego, os serviços com lama asfáltica exigem uma sinalização muito eficiente. Para as emulsões catiônicas, dependendo das condições de umidade e temperatura do ar, o prazo mínimo de interrupção, da faixa trabalhada, considerando o tempo de operação e o de ruptura da emulsão, deverá variar entre 1 e 4 horas.

O tráfego deverá ser desviado da faixa a ser trabalhada (meia pista), numa extensão mínima de 300m. A faixa deverá ser muito bem limpa, com vassouras mecânicas ou manuais. Ao mesmo tempo será feita inspeção da faixa, para assinalar qualquer trinca, fissura ou outros pequenos defeitos do pavimento, os quais deverão ser corrigidos, com a própria lama asfáltica, aplicada por irrigadores manuais do tipo bico de pato.

6.1.2 Espalhamento da Lama Asfáltica

Uma vez preparada e sinalizada a pista, o equipamento será colocado em posição, com a caixa distribuidora perfeitamente centrada, em relação à faixa de trabalho. Com a mangueira d'água, do equipamento, emudece-se toda a superfície do pavimento, correspondente à área de distribuição da caixa, a fim de reduzir a avidez do revestimento e retardar a penetração da emulsão. A partir do início da operação, esse umedecimento é realizado pela barra aspergidora do equipamento. Abrem-se todas as comportas de alimentação dos agregados, emulsão, água e filler”, de acordo com o traço projetado e as tabelas de abertura do equipamento, pondo o “pugmill” a funcionar, até produzir quantidade de massa suficiente à alimentação de toda a área interna da caixa distribuidora.

Além do operador da máquina, haverá um operário, de cada lado da caixa, munido de rodo de borracha, promovendo, quando necessário, uniformidade de distribuição da massa dentro da caixa distribuidora.

Com velocidade uniforme, a mais reduzida possível, é dada a partida do veículo e iniciada a operação. Em condições normais, a operação se processa com bastante simplicidade. A

maior preocupação requerida consiste em, da parte do operador, observar a consistência da massa, abrindo ou fechando a alimentação d'água, de modo a obter uma consistência uniforme e, da parte dos dois operários auxiliares, em manter a caixa distribuidora uniformemente carregada de massa.

6.1.3 Limpeza e Preservação do Equipamento

Logo após a descarga completa do equipamento, a máquina será retirada da pista e estacionada em local apropriado, para se proceder à sua indispensável limpeza, antes que se inicie o rompimento da emulsão retirada nas suas diversas peças. As partes principais a serem retiradas são a bomba de emulsão e as borrachas neoprene da caixa distribuidora. A bomba de emulsão é facilmente limpa com a introdução e circulação de pequena quantidade de óleo diesel. As demais peças podem ser limpas com auxílio da mangueira d'água do equipamento, desde que ainda não se tenha processado a quebra da emulsão.

Além dessa limpeza especial, que deverá ser realizada logo após cada operação do equipamento, deverá haver uma limpeza geral, no final de cada dia de serviço, a fim de garantir a preservação do equipamento.

6.1.4 Correção de Falhas e Compactação pelo Tráfego

As possíveis falhas de execução, tais como escassez ou excesso de massa, irregularidades na emenda de faixas, etc., deverão ser corrigidas com adição de massa e os excessos, com a retirada, por meio de rodos de madeira, ou de borracha. Após estas correções, a superfície áspera deixada será alisada com a passagem suave de qualquer tecido espesso, umedecido com a própria massa, ou com emulsão. Os sacos de aniagem são muito adequados para o acabamento final dessas correções.

Duas a três horas após o espalhamento, quando a Lama Asfáltica tiver adquirido consistência suficiente para não se deixar desagregar pela passagem de rolos ou de veículos, a superfície tratada deve receber umas três coberturas ("passada" no mesmo lugar) do rolo pneumático ($p \approx 2$ a 3 kgf/cm^2) e em seguida, entregue ao tráfego. A critério da Fiscalização poderá ser suprimida a "rolagem" e a superfície tratada ser entregue imediatamente ao tráfego. Entretanto, em estradas de

pequeno tráfego, a “rolagem” é obrigatória.

7. CONTROLE TECNOLÓGICO

7.1. Materiais

A *condição essencial* é que os materiais empregados na Lama Asfáltica tenham características satisfazendo às especificações em vigor na AGETOP.

7.1.1 Emulsões Asfálticas

- a) Uma emulsão asfáltica só *poderá ser descarregada no canteiro de serviço* se forem preenchidas as exigências dessa Especificação.
- b) Em todo o *carregamento de emulsão* que chegar à Obra serão realizados os seguintes ensaios, no Laboratório de Campo:
 - Viscosidade Saybolt-Furol (Método P-MB-581)
 - Peneiração (P-MB-609)
 - Carga de Partícula (P-MB-563)
 - % de CAP Residual (Método Expedito – “Coloca-se cerca de 200,0g de emulsão num recipiente o mais leve possível, pesado a 0,1g sem e com a amostra que é levada ao fogo direto até constância de peso; por diferença de peso calcula-se a % de CAP residual em relação ao peso da amostra”).
- c) A emulsão será “*aprovada*” (AP) se satisfizer às exigências da correspondente Especificação em *todos os ensaios* citados no item (b).
- d) Se a emulsão não for considerada (AP) conforme o item (c), mas se os resultados dos ensaios satisfizerem a seguinte situação: os valores absolutos das diferenças entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x % dos valores exigidos, sendo –

$x = 15$ para a “Viscosidade”

$x = 20$ para a “Peneiração”

$x = 2$ para a “% de CAP Residual” (só para abaixo do mínimo)

Não havendo tolerância para a “Carga de Partícula” (“positiva”), então a emulsão será “*aprovada sob reserva*” (APSR). Em caso contrário é considerada “*não aprovada*” (NAP).

- e) Se a emulsão for (AP) ou (APSR) o carregamento correspondente *pode ser descarregado no canteiro de obra*. Se a emulsão for (NAP) – “*não aprovada*” o carregamento correspondente deve ser rejeitado, sendo *terminantemente proibido seu descarregamento no canteiro*.
- f) Se a emulsão de um carregamento for considerado (NAP), deve-se “circular” a emulsão no caminhão e, em seguida, repetir os ensaios. Tal procedimento poderá ser, a critério da Fiscalização, repetido até mais duas vezes. A tomada de amostra no caminhão deve ser feita de acordo com a Metodologia em vigor na AGETOP.
- g) Periodicamente, no máximo de 10 em 10 carregamentos, será tomada uma amostra da emulsão e enviada para o *Laboratório Central da AGETOP** onde serão executados os ensaios previstos na respectiva Especificação julgados pertinentes.
- h) Será suspenso o fornecimento da emulsão asfáltica, quando:
 - h.1) ocorrem mais de 4 carregamentos sucessivos (APSR);
 - h.2) o número n1 de ocorrências acumuladas de (APSR) ultrapassar a 30% ao número n2 de ocorrências acumuladas (AP + APSR), sendo obrigatoriamente $n2 \geq 20$;
 - h.3) o *Laboratório Central da AGETOP* assim o determinar, tendo em vista os resultados por ele encontrados.

- i) O fornecimento da emulsão asfáltica só será restabelecido com *autorização por escrito* do Engenheiro Chefe do Laboratório Central.

Nota: No caso de uma Emulsão LA - E será feita um ensaio inicial de “Adesividade” (DNER-ME 78-63 adaptado para agregado miúdo).

7.1.2 Agregados e Água

- a) A areia, o pó de pedra e o pedrisco serão controlados individualmente, por ocasião de seus recebimentos na *área de estocagem* previamente demarcada.

Para aproximadamente 10m³ de cada um desses materiais se deve executar um ensaio de “Equivalente de Areia”. Caso não sejam satisfeitos os limites exigidos nos itens 3.2.1 e 3.2.2 para um dos ensaios, serão retiradas aleatoriamente mais 3 amostras do correspondente lote de 10m³; se mais de um dos 3 resultados não atender a especificação o lote de 10m³ correspondente será impugnado, devendo ser beneficiado (peneiramento, lavagem) ou definitivamente abandonado, a critério da Fiscalização.

- b) Serão realizados 3 ensaios de “Abrasão Los Angeles” em *britas ou blocos de pedras* que deram origem ao pó de pedra e ao pedrisco. Se a média de 2 desses 3 ensaios satisfizer ao exigido no item 3.2.2, a exigência é considerada cumprida. Entretanto, admitir-se-á valores de Abrasão até 60% se a pedra já foi utilizada com sucesso em serviços similares. Em caso contrário, os materiais serão rejeitados e pesquisada nova fonte para esses materiais.
- c) O filler será examinado quanto a sua granulometria de acordo com o item 3.2.3 (DNER-ME 83-63), *não havendo nenhuma tolerância* em relação ao exigido. A amostragem do filler ficará a critério da Fiscalização. O filler rejeitado será necessariamente retirado do canteiro de serviço.
- d) A Fiscalização manterá um “Fiscal de Agregados” permanentemente na *área de estocagem* de agregados, que poderá impugnar qualquer um dos agregados devido

a “contaminação” e a “partículas moles”.

- e) A água a ser utilizada deverá ser aprovada pela Fiscalização. Em caso de suspeição serão enviadas amostras para o Laboratório Central.

7.2. Execução

- a) A *condição essencial* é que o serviço seja executado de acordo com as prescrições dessa Especificação e do Projeto.
- b) O *teor de Emulsão* t pode ser conhecido através da % de CAP residual (item 7.1.1.b); a tolerância é de $(t \pm 0,5) \%$.
- c) As tolerâncias em relação a Curva Granulométrica de Projeto, são as seguintes:

<u>PENEIRAS</u>	<u>mm</u>	<u>% PASSANDO EM PESO</u>
3/8” a 11/2”	9,5 a 38,1	± 8
N.º 40 a N.º 4	0,42 a 4,8	± 6
N.º 200	0,074	± 3

Essas tolerâncias para a *Curva de Projeto* devem conduzir a valores sempre limitados pela Faixa Granulométrica correspondente.

- d) O *Projeto da Mistura* deve indicar: Curva Granulométrica com as tolerâncias – a *composição percentual, em peso, da “mistura seca”*, sem e com “filler”- o *teor de água de molhagem* e o *teor de emulsão* em relação ao peso da “mistura seca total” (com filler considerada como 100%).
- e) Além do “Fiscal de Agregados” e do “Pessoal do Laboratório de Campo”, deverá haver permanentemente um “Fiscal de Pista” que acompanhe todos os detalhes dos equipamentos e de execução.

- f) Para cada aproximadamente 700m² de superfície executada, será colhida uma amostra da Lama Asfáltica na caixa espalhadora devendo-se anotar (estaca ou KM) o local. Em cada amostra será executado o *ensaio de extração do asfalto por refluxo* (ensaio “Soxhlet”), obtendo-se a porcentagem de CAP residual (e da Emulsão) e de agregado - que será analisado granulometricamente (DNER-ME 83/63).
- g) Os resultados “teor de emulsão (%)” e “porcentagem passando em cada peneira especificada”, serão analisados estatisticamente, de acordo com as seguintes fórmulas, para $15 \geq N \geq 9$ onde N é o número de determinações sucessivas:

$$X_{\min} = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}} - 0,68s$$

$$X_{\max} = \bar{X} + \frac{1,29s}{\sqrt{N}} + 0,68s$$

onde: $\bar{X} = \Sigma X_i / N$ e $s = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 / N - 1}$

Nota: São desprezados os valores individuais Xi fora do intervalo $\bar{X} \mp 3s$.

- h) Sendo tmin e tmax respectivamente os valores dados pela *faixa de projeto* para cada peneira, assim como os limites mínimo e máximo do teor de emulsão fixados pelo *Projeto de Composição da Mistura*, o serviço será considerado “aprovado”(AP) e poderá ser “*aceito*” se:

$$X_{\min} \geq t_{\min} \quad \text{e} \quad X_{\max} \leq t_{\max}$$

- i) Se o serviço não for considerado aprovado, conforme o item (h), mas se os resultados estatísticos mostrarem a seguinte situação:

- os *valores absolutos das diferenças* entre os valores exigidos e os valores encontrados forem inferiores a x % dos valores exigidos, sendo

- $x = 15$ para a granulometria
- $x = 15$ para o teor de emulsão, quando $X_{\max} > t_{\max}$
- $x = 10$ para o teor de emulsão, quando $X_{\min} < t_{\min}$

o serviço será considerado “*aprovado sob reserva*” (APSR). Em caso contrário, o serviço será considerado “*não aprovado*” (NAP).

j) O serviço poderá também *ser aceito* se as duas seguintes condições forem verificadas para as ocorrências de ASPR:

- 1) *não ocorrer* mais de 3 APSR consecutivos:
- 2) o número de APSR, calculado acumulativamente, não ultrapassar a 30% do número total de (AP + APSR), devendo este ser igual ou maior que 17.

Em caso contrário, o serviço *não será aceito*.

- 1) O serviço considerado “*não aprovado*” (NAP) também *não será aceito*. Nesse caso, deverá ser construída sobre a área em questão outra Lama dentro das Especificações, após se checar os materiais e o equipamento.
- m) O Fiscal de Pista deverá apontar ao engenheiro representante da Fiscalização todos os fatos considerados danosos à qualidade dos serviços, cabendo a este a decisão de suspender ou não o serviço.

7.3. Registro do Controle Tecnológico

- a) Antes de iniciar os serviços de lama asfáltica serão traçados gráficos onde em “abcissas” constarão o estaqueamento (ou quilometragem) e em “ordenadas” os seguintes itens, que devem, o mais possível, corresponder aos intervalos de estaqueamento (ou de “quilometragem”):
 - Teor de Emulsão
 - Granulometria dos Agregados

- b) A Fiscalização elaborará “Relatórios Mensais”, obrigatoriamente assinados e rubricados pela Construtora, contendo os gráficos citados em (a) e todos os elementos, fatos e acontecimentos relacionados “com a qualidade da obra”. Esses Relatórios Mensais deverão ser arquivados em 2 vias: uma no Laboratório Central e a outra na Diretoria de Obras da AGETOP.

8. CONTROLE GEOMÉTRICO

Devido a pequena espessura da Lama Asfáltica (3,0 a 9,5mm), não tem sentido fazer-se o CONTROLE GEOMÉTRICO, *que na realidade consistiria apenas em se evitar tal serviço sobre uma superfície irregular.*

9. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

A preservação do meio nos serviços de lama asfáltica envolve a obtenção e aplicação de agregado pétreo miúdo, areia, estoque e aplicação de material betuminoso. Deve-se adotar os cuidados seguintes:

- vedada a instalação de depósitos de material betuminoso próximos a cursos d'água.
- vedado, também, o refugo de materiais já utilizados na faixa de domínio e áreas lindeiras adjacentes, ou qualquer outro lugar que possa causar prejuízo ambiental.
- na desmobilização desta atividade, após remoção dos depósitos de ligante e efetuada a limpeza do canteiro de obras, recompõe-se a área afetada pelas atividades da construção.

10. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Um Serviço de Lama Asfáltica será medido e pago de acordo com os PROCEDI-

MENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. DEFINIÇÃO

A fresagem de um pavimento (base ou revestimento) com o emprego de equipamento próprio é o processo pelo qual o equipamento corta as camadas necessárias, empregando movimento rotativo contínuo através de equipamento adotado de cortador giratório.

A fresagem na maioria das vezes, é usada como serviço auxiliar para reciclagem de um pavimento.

2. CONDIÇÕES TÉCNICAS:

- 1 – Remoção seletiva das camadas de revestimento ou blinder;
- 2 – Remoção de deformações plásticas (longitudinais e transversais);
- 3 – Manutenção dos gabaritos sob obras de arte;
- 4 – Alívio de sobrecarga em obras de arte e/ou manutenção de carga existente sobre as mesmas, em serviços de recapeamento;
- 5 – Abertura de garras transversais e longitudinais para ancoragem de novos revestimentos;
- 6 – Remoção de áreas danificadas do pavimento em serviços de conservação;
- 7 – Aumento do intertravamento entre um revestimento antigo e um novo;
- 8 – Correção do perfil transversal de uma via, para melhoria da drenagem superficial;
- 9 – Abertura de valas para obras de drenagem e/ou saneamento;
- 10 – Manutenção do “grade” em serviços de recapeamento em vias urbanas.

2.1.1 - Micro Fresagem

Com o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, desenvolveu-se nos últimos anos tambores especiais para fresagem superficiais.

Estes tambores fresadores possuem um número de ferramentas de corte muito superior ao dos convencionais, o que permite a execução de superfícies mais uniformes, onde a distância entre as ranhuras deixadas pela fresagem são menores, assim como sua profundidade.

O equipamento dispõe também de um sistema computadorizado de controle de espessura

ESPECIFICAÇÕES PARA FRESAGEM DO PAVIMENTO

AGETOP - ES-P 17/01 PÁG.02/04

de corte, que capta as informações da pista através de quatro sensores ultra-sônicos instalados ao longo da máquina, sendo dois de cada lado.

O uso da micro fresagem vêm se expandindo nos países do hemisfério norte nos últimos anos, estando já disponível também no Brasil, sendo suas principais aplicações:

1. Remoção superficial de camadas exudadas do revestimento asfáltico;
2. Remoção de sinalização horizontal;
3. Remoção de deformações e ondulações do revestimento asfáltico;
4. Aumento do coeficiente de atrito da pista, em lugares onde há grande incidência de derrapagens;
5. Regularização longitudinal e/ou transversal da pista;
6. Regularização da pista antes da aplicação do micro revestimento asfáltico, permitindo o espalhamento deste numa camada uniforme, podendo em alguns casos, eliminar a necessidade de uma segunda camada.

2.2 Condições Econômicas

1. Maior velocidade na execução da obra;
2. Menor quantidade de mão de obra;
3. Possibilidade de reaproveitamento do material fresado.

2.3 Condições Ecológicas

Em função do reaproveitamento do material fresado:

Redução na velocidade de exploração de agregados minerais;

Menor consumo de derivados de petróleo (CAP, combustíveis, para produção de misturas asfálticas, etc.);

Evita-se o bota-fora (em centros urbanos principalmente devido aos aterros sanitários).

2.4 Condições Sociais

- Melhor relação custo/benefício, em função da maior velocidade da obra;
- Menor nível de ruído durante a execução, possibilitando serviços noturnos;
- Menor interferência no tráfego de veículos.

3. Equipamento

Todo equipamento, antes do início da execução da obra deverá ser examinado, devendo estar de acordo com esta Especificação. Os equipamentos requeridos são os seguintes:

3.1 Equipamentos para Remoção do Pavimento

O pavimento asfáltico antes da reciclagem deverá ser removido:

- a) por escarificação ou fresagem do pavimento asfáltico, previamente aquecido a temperatura suficiente e necessária para sua remoção, com o emprego de dispositivo que não provoque degradação ou oxidação do ligante residual;
- b) por fresagem mecânica do pavimento a frio.

3.1.1– A fresagem mecânica ou a escarificação do pavimento deverá modificar o mínimo possível as características granulométricas do material asfáltico a reciclar.

3.1.2– O equipamento para remoção do pavimento deverá ter dispositivo de regulagem de espessura da camada do pavimento que será removida.

4 - EXECUÇÃO

A fresagem deve ser executada:

ESPECIFICAÇÕES PARA FRESAGEM DO PAVIMENTO

AGETOP - ES-P 17/01 PÁG.04/04

- por equipamento próprio na espessura, largura e extensão estabelecida em projeto;
- poderá também ser executado por motoniveladora devidamente preparada para o serviço;
- antes do início dos serviços, deverá ser delimitada a área a ser fresada, o local de estocagem, de material fresado, quando for o caso.

5. MANEJO AMBIENTAL

A fresagem de um pavimento, deverá seguir orientação pré-estabelecida pelo projeto.

A remoção do revestimento quando não reciclado no local, deverá ser estocado em local apropriado a fim de não causar danos ao meio ambiente.

6. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A fresagem do pavimento será paga em m³

A área a ser medida, é aquela realmente executada, aprovada pela fiscalização.

O transporte quando for o caso, será pago por m³ x km, tomando-se a espessura, e a largura especificada em projeto.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1.– A reciclagem é definida como a reutilização dos materiais existentes nos pavimentos, depois de alguns procedimentos técnicos.

1.2. Objetivo da Reciclagem

A reciclagem de um pavimento apresenta muitas vantagens, dentre elas pode-se citar:

- conservação de agregados de ligantes e de energia
- preservação do meio ambiente
- manutenção das condições geométricas existentes.

A reutilização dos agregados do pavimento deteriorado, para os serviços de reconstrução, restauração e conservação propicia uma diminuição da demanda de novos materiais.

A conservação dos ligantes asfálticos constitui outra vantagem importante proporcionada pela reciclagem de materiais. A quantidade de asfalto novo pode variar de 1% a 3% de asfalto adicional, enquanto em uma mistura nova é necessário 6% de asfalto o que representa uma redução apreciável de material, e conseqüente economia, tendo em vista também o transporte.

A técnica da reciclagem permite que as condições geométricas, altura livre de túneis e dos dispositivos de drenagem não se alteram.

2. ORIENTAÇÕES PARA A SELEÇÃO DA RECICLAGEM

A seleção da reciclagem entre as diversas alternativas disponíveis para a restauração de um pavimento depende de diversos fatores, entre os quais podem ser citados os seguintes:

- a) observação dos defeitos do pavimento;
- b) determinação das prováveis causas dos defeitos, baseado em estudos de laboratório e de campo;

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.02/31

- c) informações de projeto e histórico das intervenções de conservação;
- d) custos;
- e) histórico de desempenho do pavimento;
- f) restrições quanto a geometria da rodovia (horizontal e vertical);
- g) fatores ambientais;
- h) tráfego;

Desde que a reciclagem tenha sido considerada como uma alternativa viável para a reabilitação, a melhor modalidade (a quente ou a frio) deverá ser selecionada.

Na seleção do processo deverão ser considerados os seguintes itens:

- a) condição de superfície (trincamentos, desgastes, afundamentos nas trilhas de roda, etc.)
- b) capacidade estrutural;
- c) qualidade do material;
- d) disponibilidade de material novo;
- e) irregularidade longitudinal;
- f) resistência à derrapagem (se o material for usado para camada de revestimento);
- g) localização e extensão do trecho;
- h) classe da rodovia;
- i) seção transversal do pavimento;
- j) condições geométricas;
- k) tráfego (atual e futuro);
- l) condições de remanejamento do tráfego;
- m) disponibilidade de firmas empreiteiras;
- n) características do subleito e da base;
- o) revisão de literatura (incluindo experiências e desempenho em outros estados ou países);
- p) objetivo da reabilitação;

Os ensaios de laboratório e de campo deverão ser realizados para determinar as “reservas” de materiais disponíveis no pavimento e os tipos de estabilizadores que podem ser usados com estes materiais. A partir dessas informações preliminares poderão ser selecionadas as modalidades de reciclagem em potencial, desenvolvido o projeto preliminar do pavimento e procedida a

avaliação econômica das alternativas.

A partir destas informações deverá ser selecionada a mais adequada modalidade de reciclagem e dimensionada a nova seção do pavimento. Novos ensaios de laboratórios deverão ser efetuados para a determinação do teor necessário de estabilizante ou agente reciclador. Também deverão ser determinados os custos para as operações de reciclagem e preparadas as especificações para a execução da reciclagem.

Finalmente, após a realização dos serviços deverá ser avaliado o desempenho dos materiais reciclados ao longo do período de tempo de vida útil, mediante a execução de ensaios de laboratório e de campo para a determinação das propriedades dos materiais em serviço.

Os principais tipos de reciclagem a considerar:

- reciclagem a quente { no local
 { em usina estacionada

- reciclagem a frio { adição de materiais betuminosos
 { adição de estabilizante químico

3. DEFINIÇÕES

RECICLAGEM A FRIO

A reciclagem a frio é um processo pelo qual toda a estrutura do pavimento, ou parte dela é removida e reduzida a dimensões apropriadas para depois ser misturada a frio no próprio local ou em usina. Poderão ser adicionados materiais betuminosos (emulsão asfáltica), agregados, agentes rejuvenescedores ou estabilizantes químicos. A mistura final poderá ser utilizada em camada da base, que deverá ser revestida com um tratamento superficial ou uma mistura asfáltica antes de ser submetida à ação direta do tráfego.

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.04/31

- base reciclada “in situ” – mistura realizada no local com o emprego de equipamentos próprios para esta finalidade, utilizando-se agregados removidos do pavimento existente, agregados adicionais, cimento asfáltico de petróleo, cimento Portland e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, misturada, espalhada e compactada, de forma a compor a camada de base do pavimento.

- Taxa de expansão – relação entre o volume máximo do cimento asfáltico (CAP) no estado de “espuma” e o volume do CAP remanescente, após a espuma estar completamente assente.

- Meia-vida – tempo em segundos necessários para a espuma assentar à metade do volume máximo alcançado.

- Relação de tensão – relação entre a resistência à tração indireta úmida e a resistência à tração indireta seca, obtida através do ensaio de compressão diametral dos corpos-de-prova Marshall, a 25°C.

Em função do tipo de estabilizante que é adicionado ao pavimento pulverizado, a reciclagem a frio pode ser classificada em:

a) Reciclagem com adição de material betuminoso – consiste na mistura do revestimento e da base pulverizados no local, com a adição de material betuminoso, para produzir uma base estabilizada com betume.

b) Reciclagem com adição de estabilizante químico – consiste na pulverização e mistura na pista da camada de revestimento, da base e do subleito ou de qualquer combinação entre si, com a adição de estabilizantes químicos (cal, cimento ou cinzas volantes), para produzir uma base estabilizada quimicamente.

Embora esses dois processos sejam similares quanto às considerações do projeto (amostragem de campo, análise de laboratório, compactação, etc.) existem muitos aspectos que o diferenciam.

A reciclagem com adição de material betuminoso envolve somente o revestimento e a base granular, embora o subleito possa ser atingido excepcionalmente durante a fase de pulverização. A reciclagem com adição de agentes químicos tais como cal, cimento e cinzas

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.05/31

volantes, envolve geralmente o subleito do pavimento.

A reciclagem a frio não é uma técnica nova. Muitos órgãos rodoviários vêm executando este tipo de reabilitação há vários anos. Os equipamentos convencionais de pavimentação têm sido utilizados para romper, pulverizar, adicionar e misturar os estabilizantes e, por fim, compactar o material.

O crescente interesse em reciclagem de pavimentos tem motivado os fabricantes a produzir equipamentos especialmente projetados para reciclar e reelaborar as camadas do pavimento. Os maiores desenvolvimentos têm ocorrido na melhoria da potência dos equipamentos e na produção de peças mais resistentes.

Esses desenvolvimentos são fundamentais para que haja equipamentos capazes de operar de maneira econômica, tanto em revestimentos muito espessos, como em bases granulares e em subleitos com alta plasticidade. A adoção destes equipamentos na reciclagem na pista garante eficiência ao processo e qualidade ao material reciclado.

Atualmente a experiência indica que essa técnica de reabilitação de pavimentos pode ser aplicada mais eficientemente nos seguintes casos:

- a) em rodovias de baixo volume de tráfego (vicinais);
- b) em acostamentos defeituosos de rodovias principais;
- c) na utilização do material reciclado como base estabilizada.

4. CONDIÇÕES GERAIS

Não é permitida a execução dos serviços objeto desta Especificação nos dias de chuva.

Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar certificado de análise, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria/fornecedor e o canteiro de serviço.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1. Materiais

5.1.1. Cimento Portland

Deve obedecer às especificações da Norma DNER-EM 036/95 e às da ABNT NBR-6118/80.

Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de fabricação com informações sobre a data de fabricação, origem, além da sigla correspondente, a classe, e denominação normalizada, a massa líquida entregue, etc.

5.1.2. Água

Deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

5.1.3. Agregados Adicionais

Agregado pétreo ou seixo rolado britados, adicionais, devem ser constituídos por fragmentos duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas, e apresentar as características seguintes:

a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (DNER-ME 035/98) admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de desempenho satisfatório comprovado, ou quando submetidos a ensaios tecnológicos específicos.

b) Índice de forma superior ou igual a 0,5 (DNER-ME 086/94)

Durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 089/94)

5.1.4. Mistura Reciclada

São necessárias as seguintes verificações preliminares:

Deve ser feito um poço de sondagem, a cada 500 metros de extensão de pista, para verificação de:

- a) espessuras das camadas existentes, revestimentos e base;
- b) granulometria e teor de umidade do conjunto revestimento + base;
- c) teor de betume do revestimento.

A composição da mistura reciclada deve satisfazer os requisitos do projeto com as respectivas tolerâncias:

- a) possuir composição granulométrica satisfazendo à faixa definida no projeto;
- b) apresentar o valor mínimo de 0,25 Mpa, para a resistência à tração indireta seca e de 0,15 Mpa para a resistência à tração indireta saturada a 25° C.

5.2. Equipamentos

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser examinado de acordo com esta Especificação. Os equipamentos requeridos são os seguintes:

5.2.1. Equipamentos para Espalhamento

Para o espalhamento dos materiais adicionais como cimento e agregados de correção, podem ser utilizados equipamentos específicos ou do tipo “spreader”, para melhor controle das taxas de aplicação. No caso do cimento, este pode ser espalhado manualmente desde que se garanta a taxa prevista em projeto.

5.2.2. Equipamento para Reciclagem

A reciclagem da mistura asfáltica deve ser realizada no local, com equipamento apropriado

para esta finalidade, do tipo “Recicladora”.

O equipamento deve ter dispositivo de regulagem de espessura da camada do pavimento que será removida.

A recicladora deve estar dotada de acessórios específicos para a dosagem da espuma, sua produção e espargimento. Deve, também, estar dotada de acessórios específicos para injeção e dosagem para a água usada na compactação, em sistema separado do sistema de espuma.

5.2.3. Equipamento para Acabamento

Motoniveladora para acabamento e nivelamento do material reciclado.

Nota: Precauções devem ser tomadas a fim de serem evitados processos de segregação da mistura reciclada.

5.2.4. Equipamento para Compressão

Rolo pneumático, rolo metálico liso e rolo tipo tandem vibratório. Podem ser empregados ainda rolos tipo pé-de-carneiro para compactação inicial da camada reciclada. Os rolos pneumáticos, auto-propulsores, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 0,25 Mpa a 0,84 Mpa (335 a 120 psi).

O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

Quando a avaliação estrutural indicar que a estrutura existente é inadequada para o tráfego atual e futuro, o recapeamento é a primeira solução a ser levada em conta. Entretanto, se o revestimento e as camadas subjacentes forem inadequadas para suportar uma camada asfáltica, a reciclagem deve ser considerada.

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.09/31

A mistura reciclada, quando adequadamente projetada, proporciona um material com propriedades estruturais similares a de um material estabilizado novo.

Entre as diversas razões que podem justificar o emprego da reciclagem a frio de um pavimento, podem ser relacionadas as seguintes:

- a) a melhoria da capacidade estrutural que é o principal benefício diretamente atribuído a essa técnica;
- b) a reelaboração completa de camada(s) do pavimento, que permite a melhoria das propriedades do material, correção dos problemas de dosagem e, conseqüentemente, dos defeitos de superfície;
- c) a utilização de agentes estabilizadores que proporcionam ao material reciclado uma maior impermeabilização e reduzem as sensibilidades em relação aos efeitos da umidade.

Alguns dos principais fatores limitadores que devem ser considerados antes da seleção e do uso da reciclagem a frio, são os seguintes:

- a) a interrupção do tráfego devido ao processamento e cura do material pode ser ainda maior do que para outros tipos de atividades de reabilitação. Essa interrupção pode ser bastante reduzida se for utilizada técnica de passada única;
- b) quando é utilizado um estabilizante químico, os ganhos de resistência e a construção são suscetíveis a variações climáticas (temperaturas e umidade);
- c) o controle de qualidade e de uniformidade nas operações de reciclagem a frio no local não é inferior ao das operações de reciclagem em usina;
- d) quando for utilizada emulsão asfáltica para elevar a resistência da base, são necessários cuidados especiais no processo de reciclagem a frio. Isso decorre do fato de que o coeficiente estrutural para esse tipo de material não é perfeitamente conhecido. Além disso, os métodos de ensaios e de controle para determinar a dosagem ótima de asfalto, tempo de mistura e compactação, não estão bem definidos até o momento, tanto em campo como em laboratório.

5.3. Avaliação dos Materiais

A avaliação dos materiais nos projetos de reciclagem de pavimentos envolve as seguintes etapas:

1ª Etapa: Estudo do pavimento

Cada uma das camadas do pavimento a ser reciclado deve ser amostrada para determinar as propriedades dos materiais. O inventário visual dos defeitos, efetuado durante a fase de avaliação, deverá ser analisado cuidadosamente para determinar o tipo e a severidade dos defeitos. Esta inspeção visual pode ajudar na determinação das causas e da amplitude dos problemas e na seleção da técnica de reabilitação mais apropriada.

Os seguintes itens devem ser cuidadosamente examinados:

a. Revestimento

- teor de asfalto
- granulometria
- observação visual dos defeitos

2. Base Granular

- granulometria
- plasticidade

3. Subleito

- granulometria
- plasticidade

O número de amostras retiradas deve ser representativo da variação dos materiais do pavimento. Esta variação pode ser obtida por meio dos registros da conservação, da inspeção visual, dos registros da construção e dos mapas pedológicos. Os dados coletados durante esta

fase permitirão a divisão em segmentos homogêneos, que deverão ser analisados separadamente.

2ª Etapa: Ensaio de Laboratório

A análise de laboratório é indispensável para a produção de uma mistura aceitável. Ela deve incluir o seguinte:

- granulometria dos agregados removidos e ensaios de qualidade de todos os materiais;
- teor de asfalto e viscosidade do cimento asfáltico do revestimento existente;
- limites de Atterberg e teores de umidade das camadas granulares e subleito;
- projeto da mistura para a escolha do tipo e da qualidade do agente estabilizador;

1 - Ensaio de Granulometria; a granulometria do material e, principalmente, a quantidade do material que passa na peneira nº 200, são muito importantes na seleção do tipo de estabilizador que deve ser utilizado (conforme diagrama apresentado na Figura 5.3).

A granulometria torna-se fundamental quando um material betuminoso é escolhido. Os materiais betuminosos não podem ser misturados com solos plásticos, pois o processo é muito oneroso devido ao alto teor de finos.

Essas verificações são necessárias como dados iniciais no projeto da mistura e permitem a garantia da qualidade do produto final, quanto à condição granulométrica.

Se a granulometria final não atender às especificações da camada de base, novos agregados devem ser adicionados. Porém, a maioria dos procedimentos a frio permite o enquadramento da granulometria e dificilmente é necessária a inclusão de novos agregados. Algumas pequenas alterações devido à melhoria da drenagem podem ser facilmente efetuadas.

2 – Teor de asfalto e viscosidade: quando for baixo o percentual de agregados da base e sub-base que serão combinados com o material do revestimento asfáltico (menor do que 50%), a importância do teor residual de asfalto torna-se relevante e as propriedades devem ser determinadas em laboratório por meio dos ensaios de extração e recuperação. Nas operações

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG. 12/31

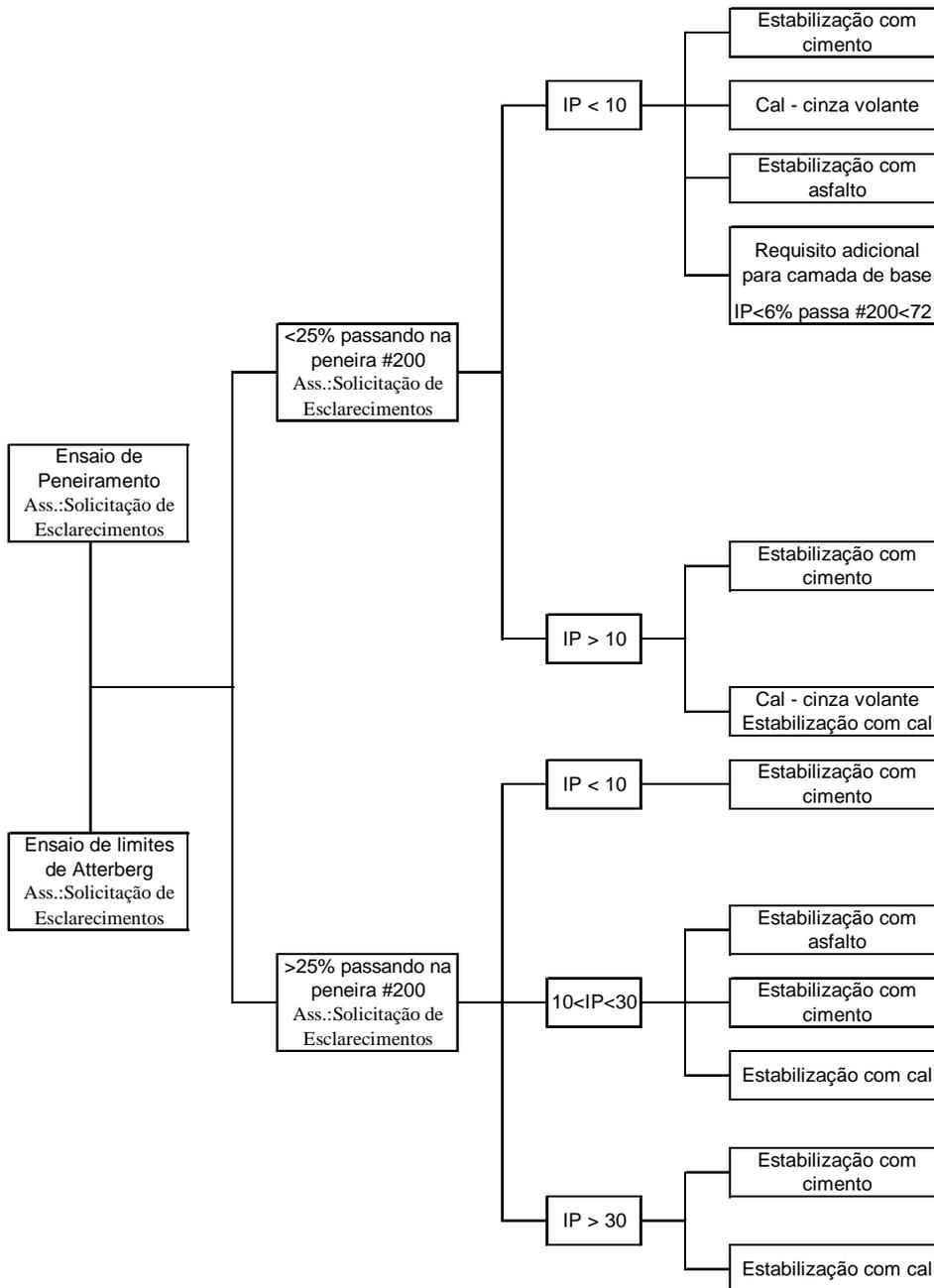


Figura 5.3 - Processo de escolha do tipo de estabilização

de reciclagem a frio em que a quantidade de concreto asfáltico é inferior a um terço da quantidade total de material a ser reciclado, não precisam ser determinados os parâmetros supra citados.

3 – Análise de plasticidade – devem ser determinadas as características de plasticidade

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG. 13/31

(limites de Atterberg) das camadas granulares e do subleito. Essa determinação é importante na escolha do estabilizante mais adequado para o material a ser reciclado. Essas características são:

- Limite de liquidez;
- Limite de plasticidade
- Índice de plasticidade

Se a plasticidade e/ou granulometria dos materiais não atenderem às especificações, as propriedades dos materiais devem ser alteradas ou um adequado agente estabilizador deve ser selecionado. Se ensaios de laboratório do material de base ou sub-base revelarem que houve muita infiltração de finos advindos do subleito, e portanto, a granulometria é inadequada para a adição de material betuminoso, outro tipo de estabilização deve ser realizado.

Nesses casos, existem várias soluções. Duas delas são apresentadas abaixo:

- adicionar mais agregado para corrigir a granulometria do material e efetuar a reciclagem a frio com a adição de material asfáltico; ou
- estabilizar os materiais das camadas granulares com a aplicação de estabilizantes químicos (cal ou cimento) e recuperar o revestimento de maneira mais eficiente como, por exemplo, mediante reciclagem a quente.

4 – Seleção do agente estabilizador – a escolha do tipo e quantidade apropriada do estabilizador é função dos objetivos do projeto de reciclagem, das propriedades dos materiais a serem reciclados e da disponibilidade dos estabilizantes na área do projeto da reciclagem.

O objetivo do processo de reciclagem deve ser conhecido antes da escolha final do aditivo. Os objetivos básicos são:

- modificação do material e durabilidade: recuperação das propriedades deficientes nos materiais de cada camada;
- melhoria da resistência e durabilidade: recuperação das propriedades consideradas

no projeto estrutural do pavimento;

- modificação do subleito: alteração específica das propriedades deficientes do subleito.

Como pode ser observado a cal é um estabilizante ineficiente para solos de graduação aberta. Para os piores tipos de solos, desde que não haja presença de material orgânico, geralmente o melhor estabilizante é a cal. O asfalto e cal associados a cinzas não são recomendados para materiais de graduação fechada pois o processo torna-se oneroso devido à alta quantidade de aditivo necessário.

5.4 Projeto da Mistura

O projeto da mistura tem como objetivo determinar a quantidade necessária de agente estabilizador para assegurar que sejam atendidos os objetivos preconizados. Para tal, deve-se proceder a um rigoroso exame de laboratório, onde são preparadas amostras de misturas contendo diversas porcentagens do agente estabilizador (cimento, cal ou materiais betuminosos).

As misturas são, então ensaiadas para determinar a melhoria obtida em suas propriedades. A mistura que apresentar melhoria mais acentuada de suas propriedades é, geralmente a escolhida.

Para reciclagem com adição de materiais betuminosos, na pista ou em usina, o objetivo principal do projeto da mistura é produzir uma mistura semelhante à produzida com novos materiais. Entretanto, para a reciclagem a frio, não existem métodos de projeto de mistura aceitos universalmente.

Em geral, ensaios de laboratório, fórmulas empíricas ou experiências anteriores com projetos similares, são utilizados para estabelecer a quantidade inicial de asfalto, que pode ser ajustada, se necessário, depois do início da construção.

O procedimento para projeto de mistura adotado pelo Instituto de Asfalto é o seguinte:

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG. 15/31

- O agregado de um revestimento asfáltico removido da pista é misturado com agregados retirados de outras camadas e/ou com novos agregados necessários para atender aos requisitos da especificação. Uma vez que as proporções relativas do agregado são determinadas, a quantidade do novo asfalto deve ser calculada. Para tal, uma quantidade total de asfalto para a mistura é determinada e cálculos então são feitos para estimar a quantidade requerida de novo asfalto para a reciclagem. Seguindo estas determinações, os ajustes na quantidade de asfalto são feitos por tentativas por meio do método Marshall”.

O projeto da mistura a frio com materiais asfálticos pode ser formulado a partir das informações obtidas na avaliação dos materiais. A seguir estão relacionadas as etapas do procedimento para o projeto da mistura, conforme metodologia do Instituto do Asfalto

- a) cálculo da combinação dos agregados da mistura reciclada;
- b) seleção do tipo e categoria do novo asfalto;
- c) determinação da quantidade total de asfalto para a combinação dos agregados;
- d) estimativa do percentual do novo asfalto necessário à mistura;
- e) ajuste do teor de asfalto por meio de tentativas pelo método Marshall.

5.4.1. Reciclagem “in situ”

A reciclagem “in situ” do pavimento deve ser executada nas seguintes condições e sequência:

- a) espalhamento do agregado adicional, se necessário, sobre a pista de rolamento na espessura determinada, e sobre os acostamentos de modo a corrigir o degrau existente em relação à pista;
- b) espalhamento do cimento sobre o pavimento existente, se indicado no projeto da mistura reciclada;
- c) reciclagem da pista e acostamentos, se indicada no projeto, incorporando-se ao mesmo tempo o cimento, o agregado adicional, o revestimento existente (CBUQ) e parte da base existente (onde for o caso), pela recicladora, seguida da adição de água e espuma pelo mesmo equipamento.

5.4.2. Incorporação de Água

A incorporação de água. É tolerada na mistura a umidade compreendida entre 0,9 e 1,1 vezes determinada para o trecho, no ensaio de compactação.

5.4.3. Compactação, Proteção e Cura

Aplicar os procedimentos seguintes:

a) o equipamento de compactação deve ter definições, forma e peso adequados, de modo a se obter a massa específica aparente máxima prevista para a mistura. O andamento das operações deve ser estabelecido, de modo que a faixa em execução seja uniformemente compactada em toda a largura da faixa reciclada;

b) a compactação deve ser iniciada e concluída preferencialmente com o emprego de rolos lisos;

c) a compactação deve ser feita, de preferência, com o emprego de rolos pneumáticos que assegurem a obtenção da massa específica aparente indicada no projeto da mistura reciclada, em toda a espessura da camada compactada, podendo ser realizada também com rolos tipo pé-de-carneiro;

d) a operação de compactação deve ser conduzida de modo que a espessura a ser compactada na fase final, pelos rolos pneumáticos ou lisos, seja a maior possível, nunca menor que 5 cm, após a compactação;

e) durante as operações finais de compactação, devem ser tomadas as medidas necessárias para que a camada superficial seja mantida na umidade ótima, ou ligeiramente acima, recorrendo-se a pequenas adições de água, se preciso for, e procedendo-se à nova homogeneização com equipamento adequado;

f) antes da fase final de compactação, caracterizada pela existência de certa quantidade

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG. 17/31

de material solto superficial, deve ser feita a conformação do trecho ao greide e ao abaulamento desejados, com o emprego de equipamento adequado;

g) após a conclusão da compactação, é feito o acerto final da superfície, delimitando as saliências com o emprego da motoniveladora de modo a satisfazer o projeto. A superfície da base é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas.

h) a energia de compactação deve ser no mínimo a do ensaio Proctor Modificado correspondente à massa específica aparente seca máxima;

i) todo trecho, logo após a sua execução, de acordo com esta Especificação será submetido a um processo de cura, devendo para este fim ser protegido contra a perda rápida de umidade pela aplicação da imprimação, ou de outro material, conforme indicado no projeto;

j) no caso de proteção à cura com o emprego de material betuminoso, este deve ser usado de acordo com a Especificação DNER-ES 306/97 ou DNER-ES 307/97, conforme o tipo do material;

k) a pintura de proteção só pode ser considerada como pintura de ligação (tack-coat) se, por ocasião da aplicação do revestimento asfáltico, se encontrar em condições de cumprir os requisitos necessários e livre de pó ou material estranho;

l) os trechos reciclados só podem ser abertos ao tráfego, após a conclusão da compactação.

5.4.4. Espuma de Asfalto

Devem ser atendidas as exigências complementares especificadas no projeto, no que se refere à qualidade da espuma, medidas pela taxa de expansão e meia-vida.

6. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

As técnicas de reciclagem a frio podem ser classificadas como se segue:

- a) reciclagem a frio no local;
- b) reciclagem a frio em usinas estacionárias

As etapas básicas de construção necessárias para a reciclagem a frio são descritas a seguir:

Etapa 1 – Remoção do revestimento

A primeira etapa consiste na remoção do revestimento e, eventualmente, da base até a profundidade necessária. A escarificação e a fresagem a frio são os métodos usualmente empregados para realizar esse trabalho e serão descritas brevemente a seguir:

1 – Escarificação – motoniveladoras com escarificadores posicionados na parte frontal podem ser usadas em revestimentos asfálticos delgados de até 5 cm de espessura. Para revestimentos asfálticos com espessura entre 5 cm e 10cm são necessárias motoniveladoras mais potentes equipadas com escarificadores posicionados na parte traseira. Os revestimentos com mais de 10cm de espessura exigem, normalmente, tratores de esteiras com escarificadores solidários ou rebocáveis.

A vantagem da escarificação é o menor custo na realização da remoção. Uma desvantagem é o precário controle da profundidade de escarificação, que pode causar a contaminação das camadas a serem recicladas com as camadas subjacentes e também o possível rompimento da estrutura compactada da camada subjacente. Além disso, os fragmentos de pavimento devem ser posteriormente britados para produzir a granulometria final desejada.

2 – Fresagem a frio - assim como a escarificação, a fresagem a frio destrói a integridade estrutural do revestimento, porém ela pode reduzir o revestimento e eventualmente a base em partículas determinadas pela profundidade do corte, velocidade de avanço da máquina, sentido de rotação do cilindro fresador, qualidade do material, condições do revestimento do pavimento, condições ambientais e teor de asfalto.

Os equipamentos de fresagem a frio têm sido utilizados extensivamente para remoção de pavimentos e redução de dimensões. O uso desse equipamento tem aumentado no decorrer dos últimos anos. A principal vantagem da fresagem a frio é que o material depois de fresado apresenta uma granulometria apropriada para a reciclagem sem processamento adicional, exceto para remover fragmentos de dimensões maiores.

Etapa 2 – Redução de dimensões

A redução de dimensões é necessária somente se a remoção do revestimento existente for realizada por escarificação. Os seguintes métodos alternativos de fragmentação do material podem ser usados:

1 – para pavimentos asfálticos escarificados com tratores de esteira, pode ser utilizado um rolo de grelhas rebocado, pé-de-carneiro ou outro equipamento similar, para quebrar os grandes pedaços, em preparação para outro método de redução de dimensões;

2 – a redução de dimensões pode, então, ser executada por um pulverizador especial, rebocado ou autopropelido. Este equipamento requer maior potência e peças mais resistentes do que os equipamentos convencionais de estabilização de solos;

3 – o material pode ser removido da pista e levado a um britador. Normalmente, isso somente é feito se o material for misturado em usina central.

Etapa 3 - Mistura

O objetivo da fase de mistura é proporcionar uma distribuição uniforme do agente rejuvenescedor ou estabilizador, por todo o material que está sendo reciclado. Essa é uma operação complexa, mas necessária para se obter uma mistura de boa qualidade.

Existem dois métodos básicos para a realização da mistura. O material pode ser misturado no local ou ele pode ser removido e misturado em usina. A análise a seguir cobrirá a adição e mistura do estabilizador usando esses dois métodos.

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.20/31

1 – Mistura no local – o material é fragmentado, misturado com o agente estabilizador (material asfáltico, cimento ou cal) e redistribuído em uma única passada. Em geral, um único equipamento é utilizado para as tarefas de fresagem a frio, estabilização com material asfáltico ou com aditivos químicos.

As vantagens da mistura no local são:

- o material tem que ser transportado para fora da pista;
- o equipamento exigido para o processo é mínimo e proporciona a oportunidade de corrigir rapidamente problemas estruturais e de qualidade do material; e por conseguinte;
- evitar prolongada interrupção do tráfego.

As desvantagens normalmente, residem na maior dificuldade no controle de qualidade do material misturado, quando comparado com o processo em usina. Neste ponto, tem havido melhorias substanciais no equipamento de reciclagem para melhorar o controle de qualidade.

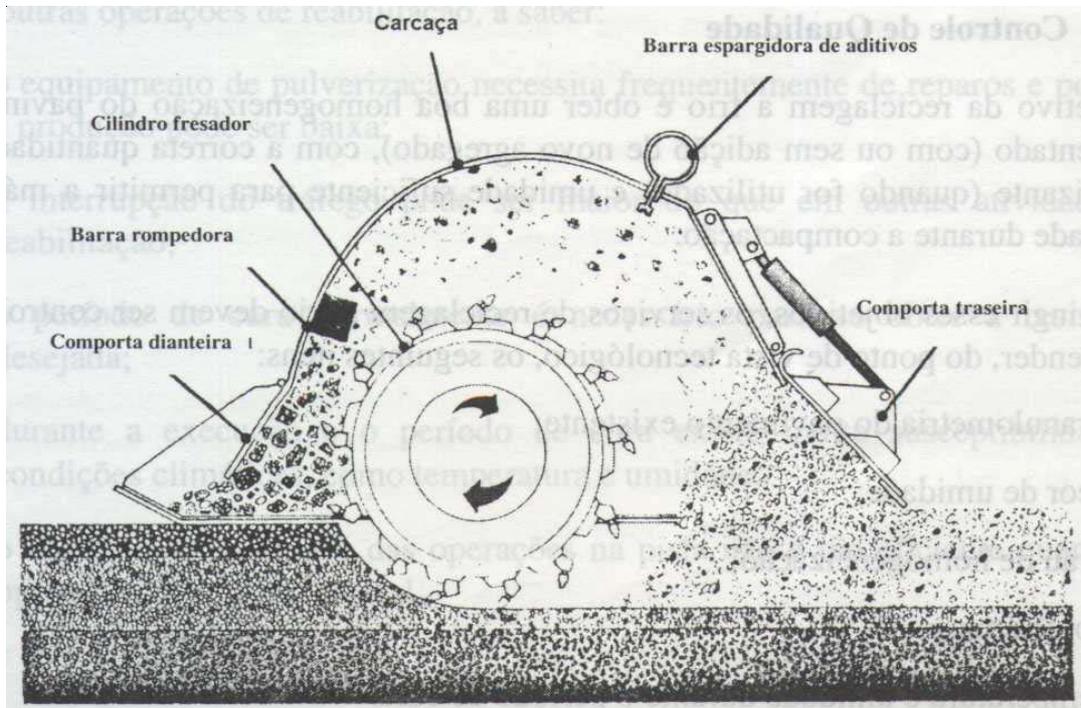
Existem diversos melhoramentos recentes para os equipamentos de reciclagem a frio no local. As fresadas modificadas ou especialmente projetadas estão disponíveis para processar o material removido numa única passada. Como pode ser observado na Figura 6.1, isso inclui o corte até o subleito (normalmente apenas o pavimento asfáltico), fragmentação, adição e mistura de aditivos.

Na reciclagem com adição de cimento Portland ou cal hidratada, a quantidade adequada destes aditivos deve ser previamente espalhada na pista de rolamento antes da fresagem e misturação.

O material misturado pode então ser distribuído por uma vibrocabadora ou por meio de um dispositivo que controle o greide e a seção transversal do pavimento. A compactação completa esse processo. Uma vez que o equipamento de fresagem se desloca ao longo da

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.21/31



estrada somente uma vez e numa operação de passada única, a produção deverá ser maior do que com a operação de passadas múltiplas. Em ambos os procedimentos, a produção é limitada mais pela velocidade do equipamento de pulverização do que por qualquer outro fator.

Figura 6.1 – Dispositivo de reciclagem a frio no local

Um outro processo mais complexo utiliza um trem completo, que realiza integralmente a reciclagem em uma só passada. A fresadora é usada somente para remover o material e os equipamentos suplementares controlam a granulometria, a introdução do aditivo (se necessário) e a mistura.

Nesse equipamento, o material fresado é levado por correia transportadora até um britador de rolos, onde é fragmentado e classificado. O material é, então levado a um misturador tipo “pug-mill”, acoplado ao equipamento, no qual é realizada a mistura com o agente estabilizador. A mistura resultante é, a seguir, espalhada na rodovia por meio de uma distribuidora de agregados convencional que é acoplada ao equipamento.

2 – Mistura em usina – o material é removido da rodovia e misturado a frio numa usina misturadora. A principal vantagem da operação de uma usina é o excelente controle de qualidade obtido na adição do estabilizador e no processo de mistura. As desvantagens são: os transportes adicionais, os custos de execução adicionais e os maiores prazos de construção.

Etapa 4 – Espalhamento e compactação

São empregadas as operações normais de espalhamento e compactação, dependendo do tipo de mistura e do estabilizador utilizado. Se forem utilizados estabilizantes ou rejuvenescedores deverá ser considerado o tempo de cura necessário.

Etapa 5 – Colocação da camada de revestimento

São adotados os procedimentos normais de construção, dependendo do tipo de material reciclado e da camada de revestimento a ser utilizada.

7. CONTROLE DE QUALIDADE

O objetivo da reciclagem a frio é obter uma boa homogeneização do pavimento fragmentado (com ou sem adição de novo agregado), com a correta quantidade de estabilizante (quando for utilizado) e umidade suficiente para permitir a máxima densidade durante a compactação.

Para atingir esses objetivos, os serviços de reciclagem a frio devem ser controlados para atender, do ponto de vista tecnológico, os seguintes itens:

- a) granulometria do pavimento existente;
- b) teor de umidade
- c) grau de homogeneização;
- d) compactação;
- e) temperatura e umidade durante o período de cura;

Os itens que constituem dificuldades nas operações de reciclagem a frio são:

- a) espessura de corte do pavimento existente;
- b) Grau de pulverização;
- c) Controle de ligante adicional;
- d) Controle do agente reciclador;
- e) Distribuição do ligante e/ou estabilizante.

7.1 Vantagens e Desvantagens

Existem diversas vantagens no uso das técnicas de reciclagem a frio, a saber:

- a) quando uma camada de concreto asfáltico existente é pulverizada e misturada juntamente com o agregado da base existente, o asfalto residual atua como um excelente ligante para auxiliar na confecção de uma base reciclada menos suscetível à ação da água;
- b) a adição de um novo ligante ou de um estabilizante químico, tais como cal ou cimento, poderá contribuir para evitar a expansão da base reciclada, aumentar a impermeabilização da base e aumentar a capacidade de carga da estrutura do pavimento;
- c) aumentando a capacidade de carga da camada de base, a estrutura do pavimento poderá ser mais delgada, o que significará menor quantidade de material necessária e, portanto, economia de materiais novos selecionados;
- d) o material considerado como rejeito, devido ao grau de exigência da nova camada de revestimento, poderá ser estocado para uso futuro.

As operações de reciclagem a frio têm algumas desvantagens quando comparadas com outras operações de reabilitação, a saber:

- a) o equipamento de pulverização necessita frequentemente de reparos e portanto a produção pode ser baixa;
- b) a interrupção do tráfego pode ser maior do que em outras atividades de reabilitação;

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.24/31

- c) o período de cura normalmente é necessário para se obter a resistência desejada;
- d) durante a execução e o período de cura existe muita susceptibilidade às condições climáticas, como temperatura e umidade;
- e) o controle de qualidade das operações na pista não é tão eficiente quanto nas operações com usina central.

8. - MANEJO AMBIENTAL

Devem ser observadas medidas visando à preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base, tais como:

8.1. Na Exploração das Ocorrências de Materiais

Quando utilizado material pétreo, os seguintes cuidados devem ser observados na exploração das ocorrências de materiais:

- a) o material somente é aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira para arquivamento da cópia junto ao Livro de Ocorrências da Obra;
- b) proibir a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação;
- c) planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- d) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- e) as estradas de acesso devem seguir as recomendações da Especificação DNER-

ES 279/97;

f) devem ser construídas, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó-de-pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem de brita, evitando carreamento para cursos d'água;

g) caso a brita seja fornecida por terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações assim como de sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

8.2. Na Execução

a) Os cuidados, para a preservação ambiental, se referem à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos.

b) Deve ser proibido tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural.

c) As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis não sejam levados até cursos d'água.

9. CONTROLE TECNOLÓGICO

9.1. Materiais

Todos os materiais a serem aplicados na obra devem ser examinados em laboratório obedecendo à metodologia indicada pelo DNER e satisfazer às especificações em vigor, como a seguir:

9.1.1. Cimento Portland

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.26/31

Deve atender à seguinte granulometria, quando ensaiado pelo método DNER-ME 083/98:

Peneira de malha quadrada		Porcentagem, em massa, passando
ABNT	Abertura, mm	
Nº 40	0,42	100
Nº 80	0,18	95 – 100
Nº 200	0,075	65 – 100

9.1.2. Agregados

Devem ser examinados através dos ensaios de caracterização, a fim de verificar se estão de acordo com o projeto da mistura e as tolerâncias especificadas quanto à granulometria.

9.1.3. Cimento Asfáltico de Petróleo – CAP

Deve atender às especificações brasileiras de obras rodoviárias e às especificações particulares do projeto.

9.1.4. Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre sua qualidade

9.2. Execução

9.2.1. Confeção da Mistura

Os controles de confecção da mistura devem ser realizados a cada 250 metros de extensão de faixa de tráfego, como a seguir:

- a) verificação da quantidade do cimento incorporado por massa ou volume;
- b) ensaio de compactação para determinação da massa específica aparente seca máxima, com a energia do ensaio Proctor Modificado;

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.27/31

- c) determinação do teor de umidade depois da adição da água e homogeneização da mistura;
- d) ensaios de granulometria e teor de betume para verificação das características do material reciclado;
- e) moldagem de dois corpos-de-prova Marshall (75 golpes/face) para determinação da resistência à tração indireta por compressão diametral seca e saturada (DNER-ME 138/94), após 72 horas de cura em estufa a 60° C, com material coletado na pista;
- f) moldagem de dois corpos-de-prova Marshall (75 golpes/face) para determinação da massa específica aparente, após 72 horas de cura em estufa a 60° C, com material coletado na pista;
- g) determinação da densidade “ in situ ” após compactação na pista.

9.2.2. Espuma de Asfalto

Devem ser atendidas, no caso de emprego de espuma de asfalto, as exigências complementares especificadas no projeto. O controle de qualidade no campo deve ser feito de forma a se controlar a taxa de expansão do CAP e o tempo de duração da mesma, mais conhecida como “meia-vida”. Este controle deve ser feito no mínimo a cada 500 metros por faixa reciclada, ou por jornada de 8 horas de trabalho.

9.2.3. Compactação

Os ensaios de densidade “in situ” para verificação do grau de compactação pelo método DNER-ME 092/94 (determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia) devem ser realizados a cada 250 metros de extensão de faixa de tráfego, ou por jornada de 8 horas de trabalho.

O grau de compactação deve ser de no mínimo 100 % em relação à maior massa específica aparente seca obtida, decorrente dos procedimentos de compactação pelo padrão Proctor

Modificado e compactação Marshall (75 golpes/face).

9.2.4. Geometria

Após a execução da base reciclada, proceder à relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as tolerâncias seguintes:

- a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;
- b) até 20% em excesso, para flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- c) $\pm 10\%$, quanto à espessura do projeto.

10. ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

10.1. Os valores dos ensaios de caracterização dos materiais empregados e de recebimento do cimento, bem como a quantidade de água, devem estar de acordo com esta Especificação e com o projeto.

10.2. A análise dos resultados de controle do material de execução da base deve atender aos valores mínimos e máximos, com as respectivas tolerâncias:

10.2.1 Para os ensaios de granulometria e teor de betume, quando são especificadas faixas de valores mínimos e máximos, com as respectivas tolerâncias, deve-se verificar o seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto}$ - rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$ - aceita-se o serviço;

sendo:

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO

AGETOP - ES-P 18/01 PÁG. 29/31

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

onde:

X_i = valores individuais

\bar{X} = média da amostra

s = desvio padrão da amostra

k = coeficiente tabelado em função do número de determinações

n = número de determinações

10.2.2 Para os ensaios e determinações de grau de compactação – GC, e de resistência à tração de corpos-de-prova moldados na pista, após a cura prevista no projeto da mistura, deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} ks < \text{valor mínimo admitido}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} ks \geq \text{valor mínimo admitido}$ - aceita-se o serviço.

10.3. Este controle estatístico será realizado para aceitação ou rejeição de segmentos contínuos concluídos e realização da medição do serviço.

10.4 Para tal, embora tenham sido fixadas as quantidades mínimas de ensaios a serem realizados para os controles de qualidade, em termos de espaçamentos ou número de ensaios por jornada de trabalho, o número de ensaios ou determinações poderá ser reduzido (caso haja homogeneidade de materiais ou constância de resultados), ou até mesmo aumentado, caso seja

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A FRIO
AGETOP - ES-P 18/01 PÁG.30/31

necessário.

10.5 A responsabilidade pela redução no número de ensaios ou determinações será exclusivamente do executante da obra. Assim, o número de ensaios ou determinações será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade, a ser assumido pelo executante da obra, conforme a tabela seguinte:

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL														
N	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
K	1.55	1.41	1.36	1.31	1.25	1.21	1.16	1.13	1.11	1.10	1.08	1.06	1.04	1.01
α	0.45	0.35	0.30	0.25	0.19	0.15	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
n = nº de amostras					k = coeficiente multiplicador					α = risco do executante				

Para cada segmento contínuo a ser analisado, devem-se ter no mínimo 5 determinações.

Os serviços rejeitados devem ser corrigidos, complementados ou refeitos.

10.6. Controle Deflectométrico

10.6.1 Em caráter complementar, para garantia de qualidade na execução do serviço, deve-se proceder à determinação de deflexões sobre a superfície acabada, segundo o Método DNER-ME 024/94, com o auxílio de viga Benkelman ou FWD (Falling Weight Deflectometer) DNER-PRO 273/96. Deve ser executada pelo menos uma medida da deflexão máxima a cada 100 metros, alternando-se, aleatoriamente, entre os bordos (direito e esquerdo) e o centro da pista.

10.6.2 A deflexão obtida sobre cada camada deve ser inferior ao valor considerado no dimensionamento do pavimento constante do projeto. Os segmentos que apresentarem valores superiores aos considerados no projeto devem ser pesquisados individualmente, para se tentar definir a causa do aumento nos valores da deformabilidade elástica. Caso o aumento tenha sido causado por falha executiva ou uso de material inadequado, ou presença de material com excesso de umidade, o serviço deve ser refeito e corrigido o problema, antes da execução da camada seguinte.

11. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

11.1. O serviço será medido pelo volume de base reciclada efetivamente executado, em metros cúbicos, de acordo com os alinhamentos e cotas de projeto, admitidas as tolerâncias especificadas nesta norma.

11.2. Volumes superiores aos limites referidos no parágrafo retro, para cada trecho, só serão medidos e encaminhados para pagamento se previamente justificados pela Fiscalização do DNER e aprovados pelo Diretor de Engenharia Rodoviária do DNER.

11.3. As medições só serão processadas para pagamento, se vierem acompanhadas dos certificados de ensaios e demais registros de controles previstos nesta Norma, nos documentos normativos complementares à mesma e nos projetos da obra e da mistura, com análise e parecer conclusivo prévio da Fiscalização do DNER.

11.4 O pagamento será feito pelo preço unitário contratual, incluindo-se o fornecimento, o transporte, a aplicação dos materiais, toda a mão-de-obra e encargos sociais incidentes, os custos com o uso de equipamentos e ferramentas, as despesas fiscais e eventuais necessárias à execução e ao controle de qualidade da obra, se devidamente aprovadas pela Fiscalização do DNER nos termos do parágrafo anterior.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1. – A reciclagem é definida como a reutilização dos materiais existentes nos pavimentos, depois de alguns procedimentos técnicos.

1.2. OBJETIVO DA RECICLAGEM

A reciclagem de um pavimento apresenta muitas vantagens, dentre elas pode-se citar:

- conservação de agregados de ligantes e de energia
- preservação do meio ambiente
- manutenção das condições geométricas existentes.

A reutilização dos agregados do pavimento deteriorado, para os serviços de reconstrução, restauração e conservação propicia uma diminuição da demanda de novos materiais.

A conservação dos ligantes asfálticos constitui outra vantagem importante proporcionada pela reciclagem de materiais. A quantidade de asfalto novo pode variar de 1% a 3% de asfalto adicional, enquanto em uma mistura nova é necessário 6% de asfalto o que representa uma redução apreciável de material, e conseqüente economia, tendo em vista também o transporte.

A técnica da reciclagem permite que as condições geométricas, altura livre de túneis e dos dispositivos de drenagem não se alteram.

1.3. ORIENTAÇÕES PARA A SELEÇÃO DA RECICLAGEM

A seleção da reciclagem entre as diversas alternativas disponíveis para a restauração de um pavimento depende de diversos fatores, entre os quais podem ser citados os seguintes:

- a) observação dos defeitos do pavimento;
- b) determinação das prováveis causas dos defeitos, baseado em estudos de laboratório e de campo;

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NO LOCAL
AGETOP - ES-P 19/01 PÁG.02/31

- c) informações de projeto e histórico das intervenções de conservação;
- d) custos;
- e) histórico de desempenho do pavimento;
- f) restrições quanto a geometria da rodovia (horizontal e vertical);
- g) fatores ambientais;
- h) tráfego;

Desde que a reciclagem tenha sido considerada como uma alternativa viável para a reabilitação, a melhor modalidade (a quente ou a frio) deverá ser selecionada.

Na seleção do processo deverão ser considerados os seguintes itens:

- a) condição de superfície (trincamentos, desgastes, afundamentos nas trilhas de roda, etc.)
- b) capacidade estrutural;
- c) qualidade do material;
- d) disponibilidade de material novo;
- e) irregularidade longitudinal;
- f) resistência à derrapagem (se o material for usado para camada de revestimento);
- g) localização e extensão do trecho;
- h) classe da rodovia;
- i) seção transversal do pavimento;
- j) condições geométricas;
- k) tráfego (atual e futuro);
- l) condições de remanejamento do tráfego;
- m) disponibilidade de firmas empreiteiras;
- n) características do subleito e da base;
- o) revisão de literatura (incluindo experiências e desempenho em outros estados ou países);
- p) objetivo da reabilitação;

Os ensaios de laboratório e de campo deverão ser realizados para determinar as “reservas” de materiais disponíveis no pavimento e os tipos de estabilizadores que podem ser usados com estes materiais. A partir dessas informações preliminares poderão ser selecionadas as modalidades

de reciclagem em potencial, desenvolvido o projeto preliminar do pavimento e procedida a avaliação econômica das alternativas.

A partir destas informações deverá ser selecionada a mais promissora modalidade de reciclagem e dimensionada a nova seção do pavimento. Novos ensaios de laboratórios deverão ser efetuados para a determinação do teor necessário de estabilizante ou agente reciclador. Também deverão ser determinados os custos para as operações de reciclagem e preparadas as especificações para a execução da reciclagem.

Finalmente, após a realização dos serviços deverá ser avaliado o desempenho dos materiais reciclados ao longo do período de tempo de vida útil, mediante a execução de ensaios de laboratório e de campo para a determinação das propriedades dos materiais em serviço.

Principais tipos de reciclagem e considerar:

- reciclagem a quente $\left\{ \begin{array}{l} \{ \text{no local} \\ \{ \text{em usina estacionada} \end{array} \right.$

- reciclagem a frio $\left\{ \begin{array}{l} \{ \text{adição de materiais betuminosos} \\ \{ \text{adição de estabilizante químico} \end{array} \right.$

1.4. RECICLAGEM A QUENTE

A reciclagem a quente é um processo em que parte ou toda a estrutura do revestimento é removida e reduzida a dimensões apropriadas para depois ser misturada a quente no próprio local (in situ) ou em usina estacionária. O processo pode incluir a adição de novos agregados, cimento asfáltico e agente rejuvenescedor. O produto final deve atender as especificações de misturas asfálticas a quente destinadas às camadas de base, “blinder” ou de rolamento.

Os principais fatores a serem considerados na seleção da reciclagem a quente, como alternativa de reabilitação de um pavimento, são os seguintes:

- a) condição de pavimento;
- b) disponibilidade de empresas especializadas;
- c) comparativo de custos e de energia;
- d) regulamentação ambiental;
- e) tecnologia disponível;

Com os recentes avanços na tecnologia e a disponibilidade de equipamentos, os fatores mais importantes são aqueles relativos à condição do pavimento e aos custos envolvidos.

O inventário de defeitos, realizado durante a fase de avaliação do projeto de reabilitação, deve fornecer os dados para se proceder aquela seleção. Os mais importantes fatores a serem considerados são:

- a) irregularidade longitudinal;
- b) trincamento;
- c) afundamento na trilha de roda;
- d) aderência;
- e) desgaste;
- f) estrutura do pavimento;
- g) capacidade de tráfego.

A reciclagem pode ser utilizada antes de um recapeamento. Se houver excessivas trincas de fadiga, a reciclagem poderá removê-las, porém não corrigirá o mecanismo que causou o trincamento.

2. CONDIÇÕES GERAIS

2.1. O concreto betuminoso reciclado pode ser empregado como revestimento, base, regularização e reforço de pavimento.

2.2. Não será permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.

2.3. O concreto betuminoso reciclado somente deverá ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C.

2.4. Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deverá apresentar certificado de análise além de trazer indicação clara da procedência, tipo, quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de serviço.

3. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

3.1. Material

Os materiais constituintes do concreto betuminoso reciclado a quente em usina são a mistura asfáltica a reciclar, agregado mineral adicional, ligante, betuminoso adicional, material de enchimento (“filler”) e agente de reciclagem quando necessário, os quais devem satisfazer estas Especificações, item 2 – Referências e as especificações aprovadas pelo DNER.

3.1.1. Ligante Betuminoso Adicional

O ligante betuminoso adicional poderá ser cimento puro ou misturado com agente de reciclagem, satisfazendo as especificações do projeto.

3.1.2. Agente de Reciclagem

Podem ser empregados hidrocarbonetos puros ou misturados com cimento asfáltico de petróleo capazes de regenerar o ligante da antiga mistura asfáltica a reciclar, restaurando suas características físicas e químicas iguais ou próximas do ligante original, ou outro tipo de ligante definido no projeto, satisfazendo as Especificações para cimento asfáltico de petróleo do DNER. A quantidade adicionada à mistura asfáltica a reciclar será definida no projeto.

3.1.3. Agregados

3.1.3.1. Agregado Graúdo Adicional

O agregado graúdo pode ser pedra, seixo, britado ou outro material indicado nas especificações complementares. O agregado graúdo deve ser constituído por fragmentos duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035), admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;
- b) índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- c) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 89);
- d) granulometria dos agregados (DNER-ME 083), obedecendo às faixas especificadas no quadro do item 3.2.1. – Composição da Mistura.

3.1.3.2. Agregado Miúdo Adicional

O agregado miúdo pode ser areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes e, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar:

- equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054)

3.1.3.3. Melhorador de Adesividade

Os agregados graúdo e miúdo adicionais devem apresentar boa adesividade ao ligante betuminoso quando submetidos aos ensaios (DNER-ME 078 e DNER-ME 079)

3.1.3.4. Material de Enchimento (“filler”)

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, tais como, cimento “Portland”, cal extinta, pós calcários, etc., que atendam a seguinte granulometria (DNER-ME 083):

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NO LOCAL
 AGETOP - ES-P 19/01 PÁG.07/31

Peneira	% mínima, passando
Nº 40	100
Nº 80	95
Nº 200	65

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

3.1.4. Mistura Asfáltica a Reciclar

A mistura asfáltica a reciclar é obtida na remoção a quente ou a frio da camada asfáltica do pavimento.

3.2. Composição da Mistura Reciclada

3.2.1. A composição do concreto betuminoso reciclada deve satisfazer aos requisitos do quadro seguinte com as respectivas tolerâncias:

Peneira de Malha Quadrada		% passando, em peso das faixas			
Discriminação	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerância das Faixas de Projeto
2"	50,8	100	-	-	-
1 ^{1/2} "	38,1	95-100	100	-	±7%
1"	25,4	80-100	95-100	-	±7%
3/4"	19,1	-	80-100	100	±7%
1/2"	12,7	45-80	-	85-100	±7%
3/8"	9,5	28-60	45-80	75-100	±7%
Nº 4	4,8	25-50	28-60	50-85	±5%
Nº 10	2,0	20-40	20-45	30-75	±5%
Nº 40	0,42	10-30	10-32	15-40	±5%
Nº 80	0,18	5-20	8-20	8-30	±2%
Nº 200	0,074	1-8	3-8	5-10	±2%
Betume Solúvel no CS ₂ (+) %		4, 0-7, 0 Camada de Ligação (Binder)	4, 5-7, 5 Camada de Ligação e Rolamento	4, 5-9, 0 Camada de Rolamento	±0,3%

3.2.2. Na escolha da curva granulométrica, com as respectivas tolerâncias para a camada de rolamentos, deverá ser considerada a segurança do usuário, especificada no item 8.2.4.

3.2.3. As porcentagens de betume se referem a mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NO LOCAL
 AGETOP - ES-P 19/01 PÁG.08/31

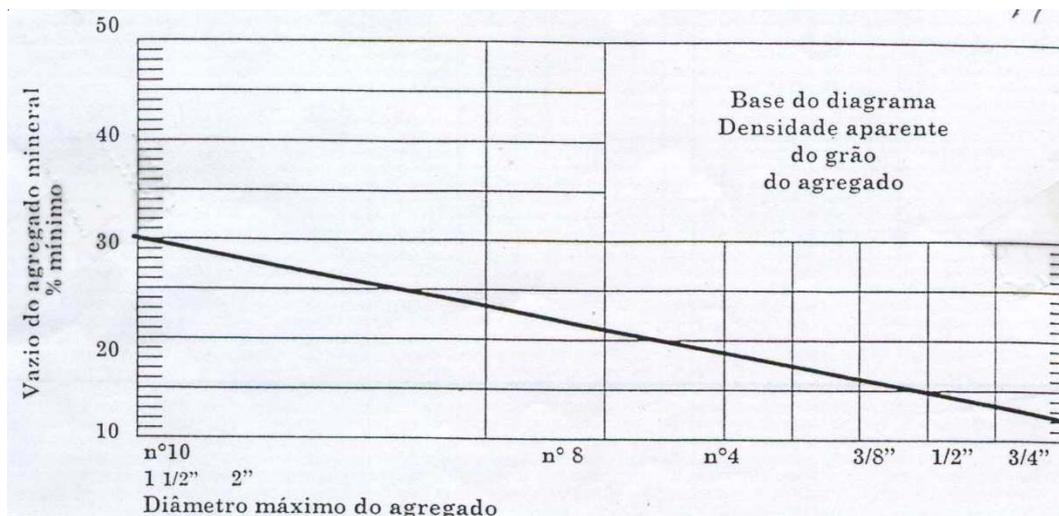
ser inferior a 4% do total.

A) deverá ser adotado o método Marshall DNER-ME 043 para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura reciclada segundo os valores seguintes:

Discriminação	Camada de rolamento	Camada de Ligação (binder)
Porcentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	75 a 82	65 a 72
Estabilidade mínima	350 Kgf (75 golpes)	350 Kgf (75 golpes)
	250 Kgf (50 golpes)	250 Kgf (50 golpes)
Fluência, mm	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5

b) as especificações complementares fixarão a energia de compactação;

c) as misturas devem atender às especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral, dados pela linha inclinada do seguinte ábaco:



Avaliação dos Materiais

A primeira etapa na avaliação dos materiais é a coleta geral dos dados históricos sobre o projeto. Estas informações incluem a descrição das seções do pavimento, dados de tráfego, materiais utilizados, dados sobre o projeto da mistura, dados de drenagem, condição do pavimento, histórico de conservação, etc.. Grande parte destas informações deve ter sido disponível na fase inicial de planejamento, quando a reciclagem foi selecionada como uma alternativa de reabilitação. Essas informações são necessárias para mostrar se há materiais

suficientes em quantidade e qualidade.

A presença de materiais muito heterogêneos pode conduzir a seleção de subprojetos para análise e reciclagem diferenciada. O número excessivo de subprojetos pode tornar a reciclagem antieconômica, devido ao elevado número de ensaios para cada segmento.

Um número suficiente de amostras deve ser coletado de uma maneira aleatória, para todo o projeto ou cada subprojeto, permitindo os ensaios necessários.

As amostras de material coletado na pista e encaminhados ao laboratório, devem ser representativas da condição do material que será utilizado na produção da mistura reciclada. Se o revestimento vai ser fresado a frio, as amostras de laboratório também devem estar fresadas, pois, neste caso existe uma variação da granulometria do revestimento asfáltico existente devido ao acréscimo de finos.

3.3.1. Equipamento

Todo equipamento, antes do início da execução da obra deverá ser examinado, devendo estar de acordo com esta Especificação. Os equipamentos requeridos são os seguintes.

3.3.1.1 Equipamento para Remoção do Pavimento

O pavimento asfáltico antes da reciclagem deverá ser removido:

- a) por escarificação ou fresagem do pavimento asfáltico, previamente aquecido a temperatura suficiente e necessária para sua remoção, com o emprego de dispositivo que não provoque degradação ou oxidação do ligante residual;
- b) por fresagem mecânica do pavimento a frio.

3.3.1.2. A fresagem mecânica ou a escarificação do pavimento deverá modificar o mínimo possível as características granulométricas do material asfáltico a reciclar.

3.3.1.3. O equipamento para remoção do pavimento deverá ter dispositivo de regulagem de espessura da camada do pavimento que será removida.

3.3.2. Usina para Reciclagem

A reciclagem de material asfáltico poderá ser realizada no local com equipamento apropriado para esta finalidade ou, preferencialmente, em usina tipo rolo-secador-misturado.

Na usina o material asfáltico removido do pavimento será misturado com agregado adicional, ligante betuminoso adicional e, se necessário agente de reciclagem de acordo com o projeto.

3.3.3. Depósito para Ligante Betuminoso

Os depósitos para o ligante betuminoso deverão possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação. O aquecimento deverá ser feito através de dispositivo que evite qualquer superaquecimento localizado. Deverá ser instalado sistema de recirculação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação desembaraçada e continua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo três dias de serviço.

3.3.4. Equipamento para Espalhamento

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadora automotriz capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cota e abaulamentos requeridos. Os equipamentos para espalhamento deverão ser equipados com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento a temperatura necessária para a colocação da mistura sem irregularidade.

3.3.5. Equipamento para Compressão

O equipamento para a compressão será constituído por rolos pneumáticos, metálico liso tipo “tandem” ou vibratório. Os rolos pneumáticos, autopropulsores devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm² (35 psi a 120 psi).

O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de operacionalidade.

4. PROJETO DA MISTURA

Definida a alternativa de solução por reciclagem, a etapa seguinte consiste em dosar os componentes da mistura final reciclada, ou seja, determinar as porcentagens dos materiais e misturas intervenientes de maneira a satisfazer os requisitos das especificações próprias para os serviços de reciclagem. Estes requisitos constam das seguintes especificações:

- a) DNER ES-187a/96 - Concreto Betuminoso Reciclado a Quente na Usina;
- b) DNER ES-187b/96 - Concreto Betuminoso Reciclado a Quente no Local.

Em termos de mistura final reciclada, as condições exigidas pelas duas especificações referidas são exatamente as mesmas de uma mistura asfáltica nova quanto aos aspectos de:

- a) granulometria;
- b) porcentagem de vazios;
- c) relação betume-vazios ou vazios do agregado mineral;
- d) estabilidade;
- e) fluência.

4.1. A sequência a ser realizada para a dosagem da mistura reciclada é a seguinte:

1ª Etapa: Fixação de segmentos homogêneos da camada a ser reciclada

Para o estudo de uma dosagem, recomenda-se a fixação em torno de 2,0 km, como a extensão máxima dos segmentos homogêneos da camada a ser reciclada. Dependendo do estado

da superfície, da inspeção visual dos tipos de misturas existentes no segmento, etc, tal extensão poderá ser diminuída ou aumentada.

2ª Etapa: Retirada de amostras dos segmentos e realização de ensaios

Em cada segmento homogêneo deverão ser retiradas, no mínimo, 9 amostras espaçadas em torno de 200 m, com dimensões aproximadas de 0,50 x 0,50 m e com espessura igual àquela que a mistura será reciclada. Em cada amostra serão realizados os seguintes ensaios:

1. *Extração do Asfalto* - determinação do teor de ligante segundo os métodos ASTM D - 2172/81 e DNER-ME 53/94, com o uso do Refluxo e do Rotarex, respectivamente;

2. *Granulometria* - da mistura de agregados após a extração do betume - determinada pelo Método do DNER-ME 83/94;

3. *Recuperação do Asfalto* - para a recuperação e subsequente caracterização do asfalto extraído das amostras, utilizar o método ABSON da ASTM D - 1856/79. Este método consiste, basicamente, de uma destilação controlada ajustando pressão com a introdução de um gás inerte (CO) para total retirada do solvente, mantendo as reais características do ligante;

4. *Asfalto Recuperado* - devem ser extraídos os seguintes ensaios:

- Penetração (100g, 5s, 25°C), pelo Método DNER-ME 003/94.
- Ponto de amolecimento (°C), pelo Método ABNT MB 167/71 - NBR 6293/94.
- Ductibilidade (25°C, cm, mín.) pelo Método ABNT MB 167/71 - NBR 6293/94.
- Viscosidade absoluta a 60°C.

5. *Fracionamento químico* - seguindo a metodologia proposta por Rostler, determinar os teores de asfaltenos e das frações maltêmicas, cujos resultados definem o grau de envelhecimento do asfalto oriundo das mudanças químicas que ocorrem ao longo do tempo.

3ª Etapa: Determinação das quantidades de materiais a adicionar à mistura a ser reciclada

Em razão da interpretação dos ensaios de extração de betume e da granulometria da mistura de agregados dos segmentos homogêneos, verificar-se-á a necessidade de adição ou não, dos seguintes materiais:

1. Mistura asfáltica a quente;
2. Agregado graúdo;
3. Agregado graúdo, miúdo e material de enchimento;
4. Cimento asfáltico de petróleo (CAP);
5. Agente rejuvenescedor.

Quando for necessária uma correção granulométrica, deverá ser determinada a quantidade e qualidade dos agregados ou da mistura a ser adicionada, de maneira a satisfazer da melhor forma a faixa granulométrica específica.

Simultaneamente, deverá ser analisada a necessidade de utilização do CAP adicional e/ou agente rejuvenescedor, devidamente indicado na respectiva especificação. A finalidade da utilização destes dois materiais, isoladamente ou em conjunto, é fazer com que o ligante asfáltico da mistura reciclada possua, entre outras, características de consistência, em termos de viscosidade absoluta e penetração, de acordo com as especificações vigentes. Assim é que o ligante final da mistura reciclada deve ter uma viscosidade absoluta a 60°C compreendida entre 1000 e 8000 poises e uma penetração normal mínima de 30×10^{-1} mm.

Os agentes regeneradores, recicladores ou rejuvenescedores são hidrocarbonetos especialmente refinados que possuem em sua composição química uma alta fração de maltenos, que é a fração que se perde no processo de envelhecimento do asfalto. O agente rejuvenescedor promove um novo equilíbrio às frações de maltenos, já que introduz os solventes de peptização em um alto teor, levando o asfalto a readquirir as propriedades de um novo e durável cimento asfáltico.

Para determinar as percentagens de CAP adicional e/ou agente regenerador, devem ser realizadas misturas destes materiais em diversas proporções, com o CAP obtido no ensaio de recuperação do betume, e escolhidos os valores - em tipos e quantidades - que melhor atendam

aos índices de consistência mencionados.

Determinadas as proporções dos ligantes a serem misturados e, conseqüentemente, o ligante final da mistura reciclada, deverá ser realizada uma análise completa dele, incluindo a determinação da relação viscosidade x temperatura, para avaliação da sua suscetibilidade e do seu comportamento viscosimétrico.

4ª Etapa: Determinação das proporções finais dos componentes da mistura por meio do Método Marshall

O projeto final da mistura deve ser efetuado mediante procedimentos padronizados como o método Marshall. O teor total do asfalto deve ser alterado apenas pela variação da quantidade de asfalto novo.

O teor ótimo de asfalto e a dosagem da mistura são determinados de acordo com os mesmos critérios como se fosse uma mistura asfáltica convencional, de maneira a atender às exigências já comentadas anteriormente.

5. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

As técnicas de reciclagem a quente, que serão descritas a seguir, podem ser classificadas em dois grandes grupos:

- a) Reciclagem a quente no local ou “in situ”;
- b) Reciclagem a quente em usinas estacionárias;

5.1. Reciclagem a Quente no Local

Esta reciclagem é definida como um processo de correção de defeitos de superfície, por meio de corte e fragmentação do revestimento asfáltico existente (geralmente por fresagem), mistura com agente rejuvenescedor, agregado novo, material ou mistura asfáltica, e posterior distribuição da mistura reciclada sobre o pavimento, sem remover do local original o material a

ser reciclado.

A reciclagem a quente no local pode ser realizada tanto como uma operação de passagem única, que associa a mistura reciclada com o material novo, ou como uma operação de duas passagens, em que a mistura reciclada é recompactada e a aplicação de uma nova camada de desgaste é efetuada após um período de espera prescrito.

Para que a reciclagem a quente no local seja considerada como uma provável técnica de reabilitação do pavimento, durante a fase de avaliação deve-se examinar atentamente no pavimento existente os tipos de defeitos, a condição estrutural e de drenagem.

Esta modalidade de reabilitação de pavimentos poderá ser considerada no conjunto das alternativas exequíveis, desde que não haja problemas estruturais, de drenagem ou de qualidade dos materiais constituintes do pavimento.

Como as técnicas de reciclagem a quente “in situ” envolvem a reelaboração de uma camada do revestimento relativamente delgada, elas devem ser utilizadas para correção de defeitos de superfície, exclusivamente de classe funcional. Podem ser corrigidos defeitos com severidade baixa ou média tais como desagregações, corrugações, afundamentos nas trilhas de roda, locais de baixa aderência, exsudações e locais com problemas de declividade transversal.

Dois métodos de reciclagem no local foram até o presente utilizados pelo DNER, a saber:

a) Método Marini - consiste na utilização de planta móvel de asfalto reciclado Marini, A.R.T. 220, em que a fresagem é realizada a frio. O equipamento realiza a mistura do material a quente e o posterior espalhamento;

b) Método Wirtgen - consiste na utilização da máquina Remixer da Wirtgen, no qual a fresagem é realizada a quente.

O sistema Remixer de reciclagem a quente no local é ilustrado na Figura 5.1. Ele se constitui de unidades fresadoras conjugadas com câmaras de aquecimento, que efetuam a fresagem a quente do pavimento existente. A aquecedora amolece o revestimento existente e a fresadora

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NO LOCAL
AGETOP - ES-P 19/01 PÁG.16/31

remove-o em uma única passada. Múltiplas passadas poderão ser efetuadas para remover profundidades maiores e aumentar a produção.

O material fresado é processado diretamente na rodovia em um misturador tipo “pug-mill” acoplado ao equipamento e é posteriormente lançado na pista por um sistema distribuidor. Um agente rejuvenecedor também pode ser adicionado ao material removido do revestimento. Outra possibilidade é a adição de nova mistura durante a mistura ou senão sua aplicação como uma nova camada de desgaste sobre a mistura reciclada.

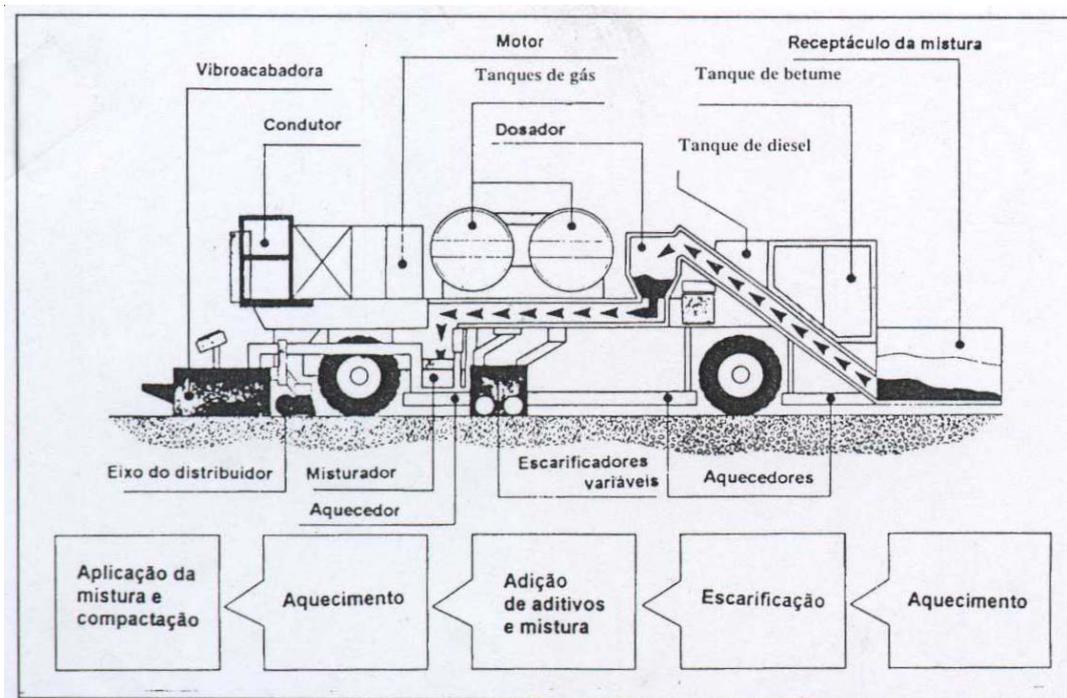


Figura 5.1 – Esquema do equipamento de reciclagem a quente no local

A operação de reciclagem no local requer a mesma quantidade de ensaios que a reciclagem realizada em usina central, porém, a dificuldade na determinação do tipo e quantidade do agente rejuvenecedor é maior na reciclagem no local. Este procedimento tem demonstrado excepcional economia de energia.

A quantidade de agregado adicional será definida no projeto.

5.2. Ligante Betuminoso Adicional

O ligante betuminoso adicional empregado no processo da reciclagem deverá apresentar características definidas no projeto.

5.3. Agente de Reciclagem

O agente de reciclagem, quando empregado no processo da reciclagem, deverá estar de acordo com as especificações estabelecidas no projeto.

A quantidade de agente de reciclagem será definida no projeto.

5.4. Produção do Concreto Betuminoso Reciclado

A produção do concreto betuminoso reciclado é efetuada conforme anteriormente especificado.

5.5. Distribuição e Compressão da Mistura

A distribuição do concreto betuminoso reciclado deve ser feita por máquinas e acabado conforme especificado no item 3.3.4.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, deverão ser sanadas pelo manual de concreto betuminoso reciclado, e o espalhamento efetuado por meio de ancinhos metálicos.

Após a distribuição do concreto betuminoso reciclado tem início a rolagem. Como no geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar, a temperatura é fixada, experimentalmente, para cada caso.

A temperatura recomendável para a compressão da mistura é aquela na qual o ligante apresenta viscosidade “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004) de 140 ± 15 segundos para o cimento asfáltico empregado.

No caso de empregar rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão; e aumenta-se a medida que a mistura vai sendo compactada e conseqüentemente suportando pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão começará sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo é recoberta na seguinte de, pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até atingir a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, ou estacionamento do equipamento sobre revestimento recém-rolado. As rodas deverão ser umedecidas, adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

5.6. Abertura ao Trânsito

Os revestimentos recém acabados serão mantidos sem trânsito até o seu completo resfriamento.

5.7. Execução

Deverá ser realizada pintura de ligação (DNER-ES 307/97) antes da aplicação da mistura reciclada quando, no processo da reciclagem, não tenha sido previamente aquecida para sua remoção.

A temperatura do ligante betuminoso contendo ou não agente para reciclagem deve ser determinada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o asfalto apresenta viscosidade situada dentro da faixa de 75 e 150 segundos "Saybolt-Furol", (DNER-ME 004) indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 85 a 95 segundos "Saybolt-Furol". Entretanto a temperatura do ligante não deve ser inferior a 107°C ou exceder a 177°C.

5.8. Concreto Asfáltico Adicional

Concreto asfáltico adicional quando empregado no processo da reciclagem para recompor a curva granulométrica da mistura betuminosa e/ou, melhorar as suas características mecânicas, deverá ser usinado de acordo com as especificações para concreto betuminoso DNER-ES 313/97.

A quantidade de agregado adicional será definida no projeto.

5.9. Agregado Adicional

O agregado mineral adicional empregado no processo da reciclagem, para reconstituir ou modificar a curva granulométrica definida no projeto, deverá satisfazer as características para agregados constantes das especificações para concreto betuminoso DNER-ES 313/97.

6. CONTROLE DE QUALIDADE

O objetivo da reciclagem é produzir uma mistura final que atenda em todos os aspectos as especificações de qualidade das misturas convencionais. Portanto, o controle de qualidade é tão importante durante a reciclagem como no processo de mistura a quente convencional.

O comportamento dos revestimentos de concreto asfáltico reciclado aconselha muito controle na produção das massas asfálticas. Os principais problemas verificados são a segregação da mistura reciclada, a secagem deficiente do material removido e a dificuldade de compactação na pista.

No intuito de atingir as expectativas do projeto da mistura é necessário verificar os aspectos de qualidade do material removido. Algumas alterações ocorrem durante a estocagem e que devem ser corrigidas. No controle de qualidade da mistura reciclada deve-se dar ênfase especial a granulometria dos agregados e as características do asfalto do revestimento removido da pista.

A análise de granulometria do material recuperado pode determinar a adição de novos

agregados, que adequadamente graduado, permitem o enquadramento da mistura numa faixa específica. A análise das propriedades do cimento asfáltico recuperado determina a escolha da quantidade e das características do novo asfalto e/ou agente rejuvenescedor necessário para atender às especificações quanto à mistura final.

Na operação em usina central, a inspeção de controle de qualidade deve inicialmente ser feita na classificação e pelo depósito do pavimento removido. Deverá ser verificado o seguinte:

- a) se o material está adequadamente fragmentado ou pulverizado;
- b) se houve a separação do material recuperado em pilhas de estoque de material mais graúdo e mais fino;
- c) se foram coletadas e ensaiadas as pilhas durante cada dia de produção, para garantir o atendimento dos requisitos de granulometria.

A estocagem deve ser executada, se possível, com a utilização de correias transportadoras para evitar o deslocamento de equipamentos sobre as pilhas. Elas devem ser devidamente secas e livres de excesso da umidade.

O principal aspecto a ser inspecionado na produção da massa reciclada é a entrada do material removido, pois ele não deve ser diretamente exposto ao aquecimento direto da chama do maçarico. Este material muitas vezes chamado de “fresado” deve ser suficientemente aquecido e seco, de maneira que seja reduzida a viscosidade do asfalto existente e permita a mistura com o novo ligante e/ou rejuvenescedor, para produzir uma mistura homogênea com a temperatura uniforme.

A segregação é produzida geralmente pelo manuseio da mistura reciclada por meio de elevadores para promover o carregamento em silos verticais. Os problemas de compactação ocorrem pelo rápido resfriamento da mistura em decorrência da pouca energia calorífica absorvida pelos agregados, principalmente os graúdos, durante o processo de aquecimento.

7. MANEJO AMBIENTAL

Para execução do concreto betuminoso reciclado na usina são necessários trabalhos envolvendo a utilização de asfalto e agregados, além da instalação de usina misturadora.

Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque e operação da usina.

7.1. Agregados

No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- A brita e a areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal, cuja cópia deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.
- Evitar a localização da pedreira e das instalações e britagem em área de preservação ambiental.
- Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos.
- Impedir queimadas como forma de desmatamento.
- Seguir as recomendações constantes da DNER-ES 279/97 para os Caminhos de Serviço.
- Construir junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra, eventualmente, produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como, atuação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

7.2. Ligantes Betuminosos

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NO LOCAL
AGETOP - ES-P 19/01 PÁG.22/31

- Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d' água.
- Vedar o refugo de materiais usados à margem da estrada ou locais onde possam causar prejuízos ambientais.
 - Recuperar a área afetada pelas operações de construção/execução mediante a remoção da usina e depósitos e a limpeza de canteiro de obras.

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

- a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;
- b) transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;
- c) transporte e estocagem de filer;
- d) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

AGENTES E FONTES POLUIDORAS

AGENTE POLUIDOR	FORTE POLUIDORA
I – Emissão de Partículas	A principal fonte é o secador rotativo. Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II – Emissão de Gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III – Emissões Fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.
OBS: Emissões Fugitivas	São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.

7.3. Quanto à Instalação

- Impedir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200m medidos a partir da base da chaminé, de residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.
 - Definir no projeto executivo áreas para as instalações industriais, de maneira a

alcançar o mínimo de agressão ao meio ambiente.

- Atribuir à executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação/ operação, assim como manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas especificações.

7.4. Operação

- Instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes.

- Apresentar com o projeto para obtenção de licença, resultados de medições em chaminés, que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto, para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental.

- Dotar os silos de estocagem de agregados frios de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.

- Enclausurar a correia transportadora de agregados frios.

- Adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera.

- Manter pressão negativa no secador rotativo enquanto a usina estiver em operação, para evitar emissões de partículas na entrada e saída.

- Dotar o misturador, os silos de agregados quentes e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão, de conexão ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera.

- Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica.

- Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade.

- Dotar os silos de estocagem de “filler” de sistema próprio de filtragem a seco.

- Adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza nos filtros de mangas e reciclagem do pó retido nas mangas.

- Acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos de processo.

- Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.

- Dotar as chaminés de instalações adequadas para realização de medições.
- Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade) e o estabelecimento de barreiras vegetais no local, sempre que possível.

8. INSPEÇÃO

8.1. Controle do Material

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório obedecendo à metodologia indicada pelo DNER e satisfazer as especificações em vigor.

8.1.2 Ligante Betuminoso Adicional

O ligante betuminoso adicional e o agente de reciclagem quando necessário deverão atender as especificações indicadas no projeto.

8.1.3. Agregados

O controle de qualidade do agregado adicional para compor a mistura asfáltica reciclada constará do seguinte:

- a) ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente por jornada de trabalho (DNER-ME 083);
- b) ensaio de desgaste “Los Angeles” do agregado graúdo adicional, por mês ou quando houver variação da natureza do material (DNER-ME 035);
- c) ensaio de índice de fôrma de agregado graúdo adicional, para cada 900m³ (DNER-ME 086);
- d) ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo adicional, por jornada de trabalho (DNER-ME 054);
- e) ensaio de granulometria do material de enchimento (“filler”) por jornada de trabalho (DNER-ME 083);
- f) ensaio de adesividade do agregado graúdo e miúdo para cada 900m³ (DNER-ME 078 e DNER-ME 079).

8.1.4. Material a Reciclar (agregado e ligante recuperados)

Para cada 1.750m² de material da camada betuminosa deverá ser retirada amostra de maneira aleatória antes da fresagem ou escarificação, em quantidade suficiente para:

- 01 ensaio de extração e recuperação do ligante e mistura de agregado pelo método “Abson” (ASTM-D 1856), para realização dos seguintes ensaios:

- a) Agregado recuperado

- 01 ensaio de granulometria (DNER-ME 083).

- b) Ensaios do asfalto residual recuperado

- 01 viscosidade absoluta a 60°C (ABNT NBR-5847/MB-827);

- 01 determinação da susceptibilidade térmica pelo (DNER-ME 003 e ABNT NBR-6560);

- 01 ponto de fulgor (DNER-ME 148);

- 01 porcentagem de asfaltenos e saturados (ASTM-D 2007).

8.1.5. Controle da Usinagem do Concreto Asfáltico Reciclado

8.1.5.1 Quantidade do Ligante da Mistura Reciclada

Devem ser efetuadas extrações de ligante betuminoso (DNER-ME 053) de amostras coletadas na pista para cada jornada de trabalho. A porcentagem de ligante poderá variar no máximo $\pm 0,3\%$ da fixada no projeto.

8.1.5.2 Qualidade do Ligante da Mistura Reciclada

Devem ser realizadas extrações e recuperações do ligante pelo método “Abson” (ASTM-D 1856) para realização dos seguintes ensaios:

- a) 01 viscosidade absoluta a 60°C (ABNT NBR-5487/ME-827);

- b) 01 determinação da susceptibilidade térmica pelos ensaios (DNER-ME 003 E ABNT NBR-6560);

- c) 01 ponto de fulgor (DNER-ME 148);
- d) 01 porcentagem de asfaltenos e saturados (ASTM-D 2007).

8.1.5.3 Graduação da Mistura de Agregados

Será realizado ensaio de granulometria DNER-ME 083 da mistura de agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva granulométrica deve manter-se contínua, respeitando as tolerâncias especificadas no projeto.

8.1.5.4 Controle da Temperatura

Serão efetuadas medidas de temperatura durante a jornada de oito horas de trabalho, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- a) temperatura dos agregados adicionais;
- b) temperatura do ligante adicional;
- c) temperatura da mistura asfáltica reciclada na usina.

As temperaturas devem apresentar valores com tolerâncias de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

8.1.5.5 Controle de Características da Mistura Reciclada

Deverão ser realizados ensaios Marshall com corpos-de-prova para cada jornada de trabalho, (DNER-ME 043), moldados de amostras coletadas na saída do misturador. Os valores de estabilidade e da fluência deverão satisfazer ao especificado no projeto.

O número das determinações utilizadas nos ensaios de controle da usinagem do concreto betuminoso reciclado será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pelo Executante, conforme a tabela seguinte:

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NO LOCAL
AGETOP - ES-P 19/01 PÁG.27/31

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL														
N	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
K	1.55	1.41	1.36	1.31	1.25	1.21	1.16	1.13	1.11	1.10	1.08	1.06	1.04	1.01
α	0.45	0.35	0.30	0.25	0.19	0.15	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
n = nº de amostras					k = coeficiente multiplicador					α = risco do executante				

O número mínimo de determinações por jornada de oito horas de trabalho é de cinco.

8.1.5.6 Compressão na pista

8.1.5.7 Temperatura de Compressão

Deverão ser efetuadas medidas de temperatura durante o espalhamento da massa imediatamente antes de iniciada a compressão.

Estas temperaturas deverão ser as indicadas para compressão com uma tolerância de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

8.1.5.8 Controle do Grau de Compressão

O controle do grau de compressão GC da mistura betuminosa reciclada deverá ser feito, preferencialmente, medido-se a densidade aparente de corpos-de-prova extraídos da mistura comprimida na pista, por meio de brocas rotativas.

Poderão ser empregados outros métodos para determinação da densidade aparente na pista, desde que indicados no projeto.

Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97% em relação a massa específica aparente do projeto.

O controle do grau de compressão poderá, também, ser feito medindo-se as densidades aparentes dos corpos-de-provas extraídos da pista e comparando-se as densidades aparentes

de corpos-de-prova moldados no local. As amostras para a moldagem destes corpos-de-prova deverão ser colhidas bem próximas ao local onde serão realizados os furos e antes da sua compactação.

O número de determinações do grau de compactação é definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pelo Executante, conforme tabela do item 8.1.5.5.

8.2. Verificação Final da Qualidade

8.2.1. Espessura da Camada

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista ou pelo nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Admite-se variação de $\pm 5\%$ em relação as espessuras de projeto.

8.2.2. Alinhamentos

A verificação do eixo e bordos é feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Poderá também ser a trena. Os desvios verificados não deverão exceder $\pm 5\text{cm}$.

8.2.3. Acabamento da Superfície

Durante a execução deverá ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície entre dois pontos quaisquer de contato não deve exceder a 0,5 cm quando verificada com qualquer das réguas.

O acabamento longitudinal da superfície deverá, ser verificado por “aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta” devidamente calibrado (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182)

ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. Neste caso o acabamento ao Quociente de Irregularidade - QI deverá apresentar valor inferior a 35 contagens/km.

8.2.4. Condições de Segurança

O revestimento acabado deverá apresentar VRD, Valor de Resistência a Derrapagem, superior a 55, medido com auxílio do Pêndulo Britânico SRT (Métodos HD 15/87 e HD 36/87 British Standard), ou outros similares.

O projeto da mistura deverá ser verificado através de trecho experimental com extensão da ordem de 100 m.

Poderá também, ser empregado outro processo para avaliação da resistência à derrapagem, quando indicado no projeto. Os ensaios de controle da execução serão realizados para cada 200 m de pista, em locais escolhidos de maneira aleatória.

8.3. Aceitação e Rejeição

Todos os ensaios dos materiais indicados em 8.1 deverão atender aos requisitos especificados em 3.0.

Quanto ao controle da usinagem do concreto betuminoso, espalhamento e compressão na pista, verificar a condição seguinte (DNER-PRO 277/97):

a) Do processo de usinagem

Para a quantidade de ligante da mistura reciclada, graduação da mistura de agregado, temperatura na saída do misturador, fluência do ensaio Marshall em que é especificada uma faixa de valores mínimos e máximos, deve-se verificar a condição seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto}$ - rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo de projeto ou $\bar{X} + ks \leq$ valor máximo de projeto - aceita-se o serviço;

sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

onde:

X_i = valores individuais

\bar{X} = média da amostra

s = desvio padrão da amostra

k = coeficiente tabelado em função do número de determinações

n = número de determinações

Para os resultados do ensaio de estabilidade Marshall em que é especificado um valor mínimo a ser atingido deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks <$ valor mínimo admitido - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo admitido - aceita-se o serviço.

b) Na pista

Para o Grau de Compressão GC em que é especificado um valor mínimo a ser atingido,

deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$ - aceita-se o serviço.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O material betuminoso a reciclar removido do pavimento existente será medido em m³.

O concreto betuminoso reciclado será medido em toneladas através da mistura efetivamente aplicada na pista. Não serão motivo de medição a mão de obra, materiais, exceto, ligante betuminoso, transporte da mistura da usina à pista e encargos, por estarem incluídos na composição do preço unitário.

A quantidade de ligante betuminoso é medida no equipamento, em toneladas.

O transporte do ligante betuminoso, efetivamente aplicado, será medido com base na distância entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1. Definição

A reciclagem é definida como a reutilização dos materiais existentes nos pavimentos, depois de alguns procedimentos técnicos.

As técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos mais empregadas são: reciclagem a quente e a frio.

1.2. Objetivos da reciclagem

A reciclagem de um pavimento apresenta muitas vantagens, dentre elas pode-se citar:

- Conservação de agregados de ligantes e de energia;
- Preservação do meio ambiente;
- Manutenção das condições geométricas existentes.
- A reutilização dos agregados do pavimento deteriorado para os serviços de reconstrução, restauração e conservação propicia uma diminuição da demanda de novos materiais;
- A conservação de ligantes asfálticos constitui outra vantagem importante proporcionada pela reciclagem de materiais. A quantidade de asfalto novo pode variar de 1% a 3% de asfalto adicional, o que representa uma redução apreciável. Levando-se em conta também o transporte, representa economia considerável;
- A técnica da reciclagem permite manter as condições geométricas, altura livre de túneis e dos dispositivos de drenagem.

1.3. Orientações para a Seleção da Reciclagem

A seleção da reciclagem entre as diversas alternativas disponíveis para a restauração de um pavimento depende de diversos fatores, entre os quais podem ser citados os seguintes:

- (a) observação dos defeitos do pavimento;
- (b) determinação das prováveis causas dos defeitos, baseado em estudos de

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NA USINA
AGETOP - ES-P 20/01 PÁG.02/36

laboratório e de campo;

- (c) informações de projeto e histórico das intervenções de conservação;
- (d) custos;
- (e) histórico do desempenho do pavimento;
- (f) restrições quanto a geometria da rodovia (horizontal e vertical);
- (g) fatores ambientais;
- (h) tráfego

Desde que a reciclagem tenha sido considerada como uma alternativa viável para a reabilitação, a melhor modalidade (a quente ou a frio) deverá ser selecionada.

Na seleção do processo deverão ser considerados os seguintes itens:

- (a) condição de superfície (trincamentos, desgastes, afundamentos nas trilhas de roda, etc);
- (b) capacidade estrutural;
- (c) qualidade do material;
- (d) disponibilidade de material novo;
- (e) irregularidade longitudinal;
- (f) resistência à derrapagem (se o material for usado para camada de revestimento);
- (g) localização e extensão do trecho;
- (h) classe da rodovia;
- (i) seção transversal do pavimento;
- (j) condições geométricas;
- (k) tráfego (atual e futuro);
- (l) condições de remanejamento do tráfego;
- (m) disponibilidade de firmas empreiteiras;
- (n) características do subleito e da base;
- (o) revisão de literatura (incluindo experiências e desempenho em outros estados ou países)
- (p) objetivo de reabilitação.

1.4. Reciclagem a Quente

A reciclagem a quente é um processo em que parte ou toda a estrutura do revestimento é removida e reduzida a dimensões apropriadas para depois ser misturada a quente no próprio local (in situ) ou em usina estacionária. O processo pode incluir a adição de novos agregados, cimento asfáltico e agente rejuvenescedor. O produto final deve atender as especificações de misturas asfálticas a quente destinadas às camadas de base, “blinder” ou de rolamento.

Os principais fatores a serem considerados na seleção da reciclagem a quente, como alternativa de reabilitação de um pavimento, são os seguintes:

- (a) condição do pavimento;
- (b) disponibilidade de empresas especializadas;
- (c) comparativo de custos e de energia;
- (d) regulamentação ambiental;
- (e) tecnologia disponível.

Com os recentes avanços na tecnologia e a disponibilidade de equipamentos, os fatores mais importantes são aqueles relativos à condição do pavimento e aos custos envolvidos. A condição do pavimento é, sem dúvida, o fator mais limitante.

O inventário de defeitos, realizado durante a fase de avaliação do projeto de fatores a serem considerados são:

- (a) irregularidade longitudinal;
- (b) trincamento;
- (c) afundamento na trilha de roda;
- (d) aderência;
- (e) desgaste;
- (f) estrutura do pavimento;
- (g) capacidade de tráfico.

A reciclagem pode ser utilizada antes de um recapeamento. Se houver excessivas trincas de fadiga, a reciclagem poderá remove-las, porém não corrigirá o mecanismo que causou o trincamento.

Os ensaios de laboratório e de campo deverão ser realizados para determinar as “reservas” de materiais disponíveis no pavimento e os tipos de estabilizadores que podem ser usados com estes materiais. A partir dessas informações preliminares poderão ser selecionadas as modalidades de reciclagem em potencial, desenvolvido o projeto preliminar do pavimento e procedida a avaliação econômica das alternativas.

A partir destas informações deverá ser selecionada a mais promissora modalidade de reciclagem e dimensionada a nova seção do pavimento. Novos ensaios de laboratórios deverão ser efetuados para a determinação do teor necessário de estabilizante ou agente reciclador. Também deverão ser determinados os custos para as operações de reciclagem e preparadas as especificações para a execução da reciclagem.

Finalmente, após a realização dos serviços deverá ser avaliado o desempenho dos materiais reciclados ao longo do período de tempo de vida útil, mediante a execução de ensaios de laboratório e de campo para a determinação das propriedades dos materiais de serviço.

Principais tipos de reciclagem a considerar:

- Reciclagem a quente: { No local
 { Em usina estacionária

- Reciclagem a frio: { Adição de material betuminoso
 { Adição de estabilizante químico

2. CONDIÇÕES GERAIS

- O concreto betuminoso reciclado pode ser empregado como revestimento, base, regularização e reforço na restauração de pavimentos;
- Não será permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação, nos dias de

chuva;

- O concreto betuminoso reciclado somente deverá ser executado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C;
- Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deverá apresentar certificado de análise além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de serviço.

3. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

3.1. Material

Os materiais constituintes do concreto betuminoso reciclado a quente em usina são a mistura asfáltica a reciclar, agregado mineral adicional, ligante, betuminoso adicional, material de enchimento (“filler”) e agente de reciclagem quando necessário, os quais devem satisfazer estas Especificações, item 2 – Referências e as especificações aprovadas pelo DNER.

3.1.1. Ligante Betuminoso Adicional

O ligante betuminoso adicional poderá ser cimento puro ou misturado com agente de reciclagem, satisfazendo as especificações do projeto.

3.1.2. Agente de Reciclagem

Podem ser empregados hidrocarbonetos puros ou misturados com cimento asfáltico de petróleo capazes de regenerar o ligante da antiga mistura asfáltica a reciclar, restaurando suas características físicas e químicas iguais ou próximas do ligante original, ou outro tipo de ligante definido no projeto, satisfazendo as Especificações para cimento asfáltico de petróleo do DNER. A quantidade adicionada à mistura asfáltica a reciclar será definida no projeto.

3.1.3. Agregados

3.1.3.1. Agregado Graúdo Adicional

O agregado graúdo pode ser pedra, seixo, britado ou outro material indicado nas especificações complementares. O agregado graúdo deve ser constituído por fragmentos duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035), admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;
- b) índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- c) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 89);
- d) granulometria dos agregados (DNER-ME 083), obedecendo às faixas especificadas no quadro do item 3.2.1. – Composição da Mistura.

3.1.3.2. Agregado Miúdo Adicional

O agregado miúdo pode ser areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes e, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresenta:

- equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054)

3.1.3.3. Melhorador de Adesividade

Os agregados graúdo e miúdo adicionais devem apresentar boa adesividade ao ligante betuminoso quando submetidos aos ensaios (DNER-ME 078 e DNER-ME 079)

3.1.3.4. Material de Enchimento (“filler”)

Deve ser constituído por materiais finamente divididos, tais como, cimento “Portland”, cal, extinta, pós calcários, etc., que atendam a seguinte granulometria (DNER-ME 083):

Peneira	% mínima, passando
Nº 40	100
Nº 80	95
Nº 200	65

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

3.1.4. Mistura Asfáltica a Reciclar

A mistura asfáltica a reciclar é obtida na remoção a quente ou a frio da camada asfáltica do pavimento.

3.2.2. Na escolha da curva granulométrica, com as respectivas tolerâncias para a camada de rolamentos, deverá ser considerada a segurança do usuário, especificada no item 8.2.4.

3.2.3. As porcentagens de betume se referem a mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

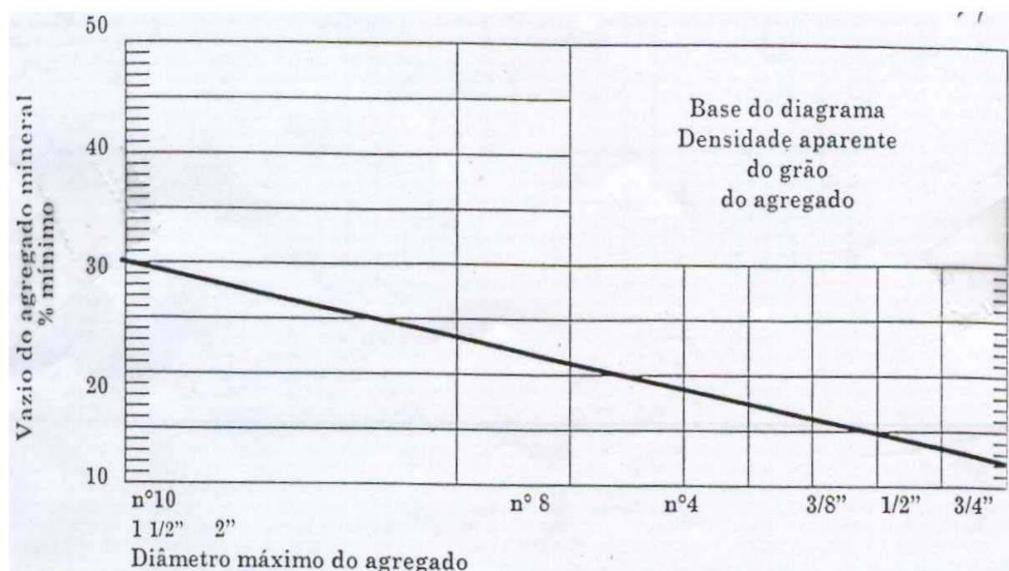
CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NA USINA
 AGETOP - ES-P 20/01 PÁG.08/36

Peneira de Malha Quadrada		% passando, em peso das faixas			
Discriminação	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerância das Faixas de Projeto
2"	50,8	100	-	-	-
1 1/2"	38,1	95-100	100	-	±7%
1"	25,4	80-100	95-100	-	±7%
3/4"	19,1	-	80-100	100	±7%
1/2"	12,7	45-80	-	85-100	±7%
3/8"	9,5	28-60	45-80	75-100	±7%
Nº 4	4,8	25-50	28-60	50-85	±5%
Nº 10	2,0	20-40	20-45	30-75	±5%
Nº 40	0,42	10-30	10-32	15-40	±5%
Nº 80	0,18	5-20	8-20	8-30	±2%
Nº 200	0,074	1-8	3-8	5-10	±2%
Betume Solúvel no CS ₂ (+) %		4, 0-7, 0 Camada de Ligação (Binder)	4, 5-7, 5 Camada de Ligação e Rolamento	4, 5-9, 0 Camada de Rolamento	±0,3%

a) deverá ser adotado o Método Marshall DNER-ME 043 para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura reciclada segundo os valores seguintes:

Discriminação	Camada de rolamento	Camada de Ligação (binder)
Porcentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	75 a 82	65 a 72
Estabilidade mínima	350 Kgf (75 golpes)	350 Kgf (75 golpes)
	250 Kgf (50 golpes)	250 Kgf (50 golpes)
Fluência, mm	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5

- b) as especificações complementares fixarão a energia de compactação;
c) as misturas devem atender às especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral, dados pela linha inclinada do seguinte ábaco:



3.3. Avaliação dos Materiais

A primeira etapa na avaliação dos materiais é a coleta geral dos dados históricos sobre o projeto. Estas informações incluem a descrição das seções do pavimento, dados de tráfego, materiais utilizados, dados sobre o projeto da mistura, dados de drenagem, condição do pavimento, histórico de conservação, etc.. Grande parte destas informações deve ter sido disponível na fase inicial de planejamento, quando a reciclagem foi selecionada como uma alternativa de reabilitação. Essas informações são necessárias para mostrar se há materiais suficientes em quantidade e qualidade.

A presença de materiais muito heterogêneos pode conduzir a seleção de subprojetos para análise e reciclagem diferenciada. O número excessivo de subprojetos pode tornar a reciclagem antieconômica, devido ao elevado número de ensaios para cada segmento.

Um número suficiente de amostras deve ser coletado de uma maneira aleatória, para todo o projeto ou cada subprojeto, permitindo os ensaios necessários.

As amostras de material coletado na pista e encaminhados ao laboratório, devem ser representativas da condição do material que será utilizado na produção da mistura reciclada. Se o revestimento vai ser fresado a frio, as amostras de laboratório também devem estar fresadas, pois, neste caso existe uma variação da granulometria do revestimento asfáltico existente devido ao acréscimo de finos.

3.3.1 Equipamento

Todo equipamento, antes do início da execução da obra deverá ser examinado, devendo estar de acordo com esta Especificação. Os equipamentos requeridos são os seguintes.

3.3.1.1 Equipamento para Remoção do Pavimento

O pavimento asfáltico antes da reciclagem deverá ser removido:

- a) por escarificação ou fresagem do pavimento asfáltico, previamente aquecido a temperatura suficiente e necessária para sua remoção, com o emprego de dispositivo que não provoque degradação ou oxidação do ligante residual;
- b) por fresagem mecânica do pavimento a frio.

3.3.1.2. A fresagem mecânica ou a escarificação do pavimento deverá modificar o mínimo possível as características granulométricas do material asfáltico a reciclar.

3.3.1.3. O equipamento para remoção do pavimento deverá ter dispositivo de regulagem de espessura da camada do pavimento que será removida.

3.3.2. Usina para Reciclagem

A reciclagem de material asfáltico poderá ser realizada no local com equipamento apropriado para esta finalidade ou, preferencialmente, em usina tipo rolo-secador-misturado.

Na usina o material asfáltico removido do pavimento será misturado com agregado adicional,

ligante betuminoso adicional e, se necessário agente de reciclagem de acordo com o projeto.

3.3.3. Depósito para Ligante Betuminoso

Os depósitos para o ligante betuminoso deverão possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação. O aquecimento deverá ser feito através de dispositivo que evite qualquer superaquecimento localizado. Deverá ser instalado sistema de recirculação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação desembaraçada e contínua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo três dias de serviço.

3.3.4. Equipamento para Espalhamento

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadora automotriz capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cota e abaulamentos requeridos. Os equipamentos para espalhamento deverão ser equipados com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento à temperatura necessária para a colocação da mistura sem irregularidade.

3.3.5. Equipamento para Compressão

O equipamento para a compressão será constituído por rolos pneumáticos, metálicos lisos tipo “tandem” ou vibratório. Os rolos pneumáticos, autopropulsores devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5 kgf/cm² a 8,4 kgf/cm² (35 psi a 120 psi).

O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

4. COMPOSIÇÃO DA MISTURA RECICLADA

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NA USINA
AGETOP - ES-P 20/01 PÁG.12/36

A composição do concreto betuminoso reciclada deve satisfazer os requisitos seguintes com as respectivas tolerâncias.

Definida a alternativa de solução por reciclagem, a etapa seguinte consiste em dosar os componentes da mistura final reciclada, ou seja, determinar as porcentagens dos materiais e misturas intervenientes de maneira a satisfazer os requisitos das especificações próprias para os serviços de reciclagem. Estes requisitos constam das seguintes especificações:

- a) DNER ES-187a/96 - Concreto Betuminoso Reciclado a Quente na Usina;
- b) DNER ES-187b/96 - Concreto Betuminoso Reciclado a Quente no Local.

Em termos de mistura final reciclada, as condições exigidas pelas duas especificações referidas são exatamente as mesmas características de uma mistura asfáltica nova quanto aos aspectos de:

- a) granulometria;
- b) porcentagem de vazios;
- c) relação betume-vazios ou vazios do agregado mineral;
- d) estabilidade;
- e) fluência.

A sequência a ser realizada para a dosagem da mistura reciclada é a seguinte:

1ª Etapa: Fixação de segmentos homogêneos da camada a ser reciclada

Para o estudo de uma dosagem, recomenda-se a fixação em torno de 2,0 km, como a extensão máxima dos segmentos homogêneos da camada a ser reciclada. Dependendo do estado da superfície, da inspeção visual dos tipos de misturas existentes no segmento, etc, tal extensão poderá ser diminuída ou aumentada.

2ª Etapa: Retirada de amostras dos segmentos e realização de ensaios

Em cada segmento homogêneo deverão ser retiradas, no mínimo, 9 amostras espaçadas em torno de 200 m, com dimensões aproximadas de 0,50 x 0,50 m e com espessura igual àquela que a mistura será reciclada. Em cada amostra serão realizados os seguintes ensaios:

1. *Extração do Asfalto* - determinação do teor de ligante segundo os métodos ASTM D - 2172/81 e DNER-ME 53/94, com o uso do Refluxo e do Rotarex, respectivamente;
2. *Granulometria* - da mistura de agregados após a extração do betume - determinada pelo Método do DNER-ME 83/94;
3. *Recuperação do Asfalto* - para a recuperação e subsequente caracterização do asfalto extraído das amostras, utilizar o método ABSON da ASTM D - 1856/79. Este método consiste, basicamente, de uma destilação controlada ajustando pressão com a introdução de um gás inerte (CO) para total retirada do solvente, mantendo as reais características do ligante;
4. *Asfalto Recuperado* - devem ser extraídos os seguintes ensaios:
 - Penetração (100g, 5s, 25°C), pelo Método DNER-ME 003/94.
 - Ponto de amolecimento (°C), pelo Método ABNT MB 167/71 - NBR 6293/94.
 - Ductibilidade (25°C, cm, mín.) pelo Método ABNT MB 167/71 - NBR 6293/94.
 - Viscosidade absoluta a 60°C.
5. *Fracionamento químico* - seguindo a metodologia proposta por Rostler, determinando os teores de asfaltenos e das frações maltêmicas, os resultados definem o grau de envelhecimento do asfalto oriundo das mudanças químicas que ocorrem ao longo do tempo.

3ª Etapa: Determinação das quantidades de materiais a adicionar à mistura a ser reciclada

Em razão da interpretação dos ensaios de extração de betume e da granulometria da mistura de agregados dos segmentos homogêneos, verificar-se-á a necessidade de adição ou não, dos seguintes materiais:

1. Mistura asfáltica a quente;
2. Agregado graúdo;
3. Agregado graúdo, miúdo e material de enchimento;
4. Cimento asfáltico de petróleo (CAP);

5. Agente rejuvenecedor.

Quando for necessária uma correção granulométrica, deverá ser determinada a quantidade e qualidade dos agregados ou da mistura a ser adicionada, de maneira a satisfazer da melhor forma a faixa granulométrica específica.

Simultaneamente, deverá ser analisada a necessidade de utilização do CAP adicional e/ou agente rejuvenecedor, devidamente indicado na respectiva especificação. A finalidade da utilização destes dois materiais, isoladamente ou em conjunto, é fazer com que o ligante asfáltico da mistura reciclada possua, entre outras, características de consistência, em termos de viscosidade absoluta e penetração, de acordo com as especificações vigentes. Assim é que o ligante final da mistura reciclada deve ter uma viscosidade absoluta a 60°C compreendida entre 1000 e 8000 poises e uma penetração normal mínima de 30×10^{-1} mm.

Os agentes regeneradores, recicladores ou rejuvenecedores são hidrocarbonetos especialmente refinados que possuem em sua composição química uma alta fração de maltenos, que é a fração que se perde no processo de envelhecimento do asfalto. O agente rejuvenecedor promove um novo equilíbrio às frações de maltenos, já que introduz os solventes de peptização em um alto teor, levando o asfalto a readquirir as propriedades de um novo e durável cimento asfáltico.

Para determinar as percentagens de CAP adicional e/ou agente regenerador, devem ser realizadas misturas destes materiais em diversas proporções, com o CAP obtido no ensaio de recuperação do betume, e escolhidos os valores - em tipos e quantidades - que melhor atendam aos índices de consistência mencionados.

Determinadas as proporções dos ligantes a serem misturados e, conseqüentemente, o ligante final da mistura reciclada, deverá ser realizada uma análise completa dele, incluindo a determinação da relação viscosidade x temperatura, para avaliação da sua suscetibilidade e do seu comportamento viscosimétrico.

4ª Etapa: Determinação das proporções finais dos componentes da mistura por

meio do Método Marshall

O projeto final da mistura deve ser efetuado mediante procedimentos padronizados como o método Marshall. O teor total do asfalto deve ser alterado apenas pela variação da quantidade de asfalto novo.

O teor ótimo de asfalto e a dosagem da mistura são determinados de acordo com os mesmos critérios como se fosse uma mistura asfáltica convencional, de maneira a atender às exigências já comentados anteriormente.

5. TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

As técnicas de reciclagem a quente, que serão descritas a seguir, podem ser classificadas em dois grandes grupos:

- a) Reciclagem a quente no local ou “in situ”;
- b) Reciclagem a quente em usinas estacionárias;

5.1. Reciclagem a Quente em Usinas Estacionárias

A reciclagem a quente em usinas estacionárias é um processo pelo qual uma parte ou toda a estrutura do revestimento é removida e reduzida, geralmente mediante fresagem à frio, e posteriormente transportada para ser misturada e recuperada em usina de asfalto.

O processo inclui a adição de novos agregados, material de enchimento, CAP e, se necessário um agente rejuvenescedor. O tipo de usina mais empregado é a “drummixer” e o produto final deve atender às especificações de misturas asfálticas a serem aplicadas nas camadas de base, de “blinder” ou de rolamento.

A sequência do desenvolvimento dos trabalhos de construção de misturas recicladas a quente em usina fixa seguem, geralmente, as seguintes etapas:

1ª Etapa: Preparação do material

A preparação do material inclui a remoção do pavimento asfáltico existente e posterior redução ou fragmentação até um tamanho adequado. Duas opções tem sido utilizadas para reduzir de tamanho o material, a saber:

- 1 – redução do material removido da pista e posterior transporte para a usina;
- 2 – fragmentação do material removido nas instalações de britagem junto à usina.

A remoção e fragmentação na pista pode ser realizada com equipamentos convencionais (tratores de esteira, motoniveladoras e carregadeiras), que escarificam e carregam o pavimento a ser reciclado, ou então, da maneira mais corrente que é a utilização de fresadoras a frio.

As máquinas de fresagem foram desenvolvidas para remover o revestimento asfáltico em espessuras controladas e para reestabelecer a declividade transversal. Neste processo, grande parte do pavimento é reduzido até um determinado tamanho máximo em uma única operação. O tamanho das partículas removidas depende da espessura de corte, da direção de rotação do cilindro fresador, da velocidade de rotação do cilindro, da quantidade e espaçamento entre dentes de fresagem e da velocidade de operação do equipamento.

A redução de tamanho do material removido também pode ser feita com equipamentos de britagem e peneiramento, fixos ou portáteis. O revestimento é normalmente rompido e fragmentado antes do carregamento, em dimensões convenientes para ser recebido no britador primário.

Os problemas com a utilização deste material aumentam quando é desconhecida a exata origem do material ou quando os materiais de fontes diferentes são amontoados juntamente. Essas duas formas de disponibilidade do material requerem considerações diferenciadas na fase de preparação do material.

2ª Etapa: Avaliação dos estoques

Quando um material estocado vai ser utilizado numa mistura reciclada, as características do material estocado devem ser conhecidas. As questões a serem respondidas são:

- 1- O material a ser utilizado provém de uma única fonte?
- 2- Se os materiais são de fontes diversas, são todos de concreto asfálticos usinados a quente ou estão incluídas misturas com emulsão?
- 3- Os diferentes materiais foram separados em depósitos distintos ou foram depositados sem separação prévia?
- 4- Se materiais diferentes foram depositados juntamente, existiu algum critério para misturar os materiais uniformemente?

Os estoques de material provenientes de uma mesma origem requerem técnicas de amostragem similares àquelas utilizadas na amostragem de agregados. O manuseio do material estocado durante a produção do material reciclado a quente também pode contribuir para variação do material. Desta forma, cuidados devem ser tomados na operação dos equipamentos.

Se foram removidos materiais de fontes diferentes, deve-se tomar cuidados especiais na combinação dos materiais em uma única pilha. Isso reduz a variação do material e a necessidade de desenvolver projetos de mistura distintos. A combinação em uma única pilha não deve ser feita se há uma apreciável quantidade de misturas com emulsão.

3ª Etapa: Usinagem a quente

A produção de uma mistura reciclada a quente exige algumas modificações no processamento das usinas convencionais. O principal objetivo dessas modificações é aquecer e secar o revestimento asfáltico removido sem expô-lo diretamente à chama do secador. A exposição direta à chama pode produzir poluição do ar, bem como um endurecimento adicional do asfalto remanescente no revestimento removido.

Para produzir uma mistura asfáltica reciclada a quente podem ser utilizadas tanto as usinas do tipo intermitente (gravimétrica), como as usinas do tipo tambor-misturador (drum-mixer). Cada um desses tipos de usinas tem limitações quanto à operação e à misturação, especialmente as usinas gravimétricas.

Devido a variedade de procedimentos envolvidos, cada tipo de usina é tratado separadamente a seguir:

1- Usinas intermitentes (gravimétricas)

Na operação de uma usina intermitente convencional, o agregado novo é seco e aquecido num secador convencional, posteriormente peneirado em várias frações granulométricas e finalmente misturado em proporções adequadas com cimento asfáltico aquecido. Se for realizada diretamente no secador a reciclagem do concreto asfáltico removido com o agregado novo, sem qualquer modificação, haverá a formação excessiva de fumaça e, em alguns casos, problemas no secador, no elevador quente e na torre de proteção. A única técnica que tem obtido algum sucesso na reciclagem com usinas intermitentes, de acordo com a experiência internacional, é o método de transferência de calor.

No método de transferência de calor, o fluxo do agregado virgem é idêntico ao da produção de uma mistura nova. Porém a temperatura do agregado na saída do secador deve ser mais elevada, pois o agregado superaquecido no secador é misturado com o material removido, que está à temperatura ambiente. O agregado depois de aquecido é transferido de modo convencional para a torre de peneiração. A seguir, o agregado é pesado e depositado no misturador na proporção estabelecida pelo projeto de mistura.

A principal diferença da reciclagem em usina intermitente está na introdução do material removido. Esse material não deve passar pelo secador e as opções para o uso da usina intermitente estão mostradas na fig. 5.2.

No primeiro esquema, o material removido já reduzido a dimensões apropriadas e devidamente estocado, é transferido diretamente para a câmara de pesagem na torre de mistura, por um sistema de correia transportadora auxiliar. O material removido é descarregado dentro do misturador junto com o agregado novo superaquecido, ocorrendo a transferência de calor enquanto os dois materiais são misturados.

O cimento asfáltico adicional e o agente rejuvenescedor são adicionados durante a operação, de acordo com o projeto da mistura. O material misturado é então descarregado da mesma maneira que um concreto asfáltico misturado a quente convencional.

A segunda maneira consiste na estocagem do material removido em um determinado silo do sistema de silos quentes. O material removido é introduzido diretamente dentro do silo por

meio de uma correia transportadora sem passar pela peneiração. Não deve ser permitido que o material removido permaneça no silo quente por tempo muito prolongado, pois absorverá calor dos outros silos e poderá aderir às paredes do silo. O material removido é introduzido dentro do receptáculo de pesagem, exatamente como se fosse um agregado novo, e é devidamente incorporado à mistura final, de acordo com a dosagem estipulada.

A porcentagem de material removido, que pode ser utilizado na mistura reciclada, depende da temperatura a que esse material possa ser aquecido. Quanto mais material removido for utilizado, maior será a temperatura necessária do agregado. A capacidade dos secadores convencionais para alcançar temperaturas elevadas limita a porcentagem de material removido a cerca de 30%. A utilização de maior proporção de material removido exige temperaturas extremamente altas dos agregados e, geralmente, tornam o processo pouco eficiente em custo.

Existem ainda novos sistemas que usam pré-aquecimento para o material removido. Trata-se de um pequeno tambor, que usa os gases de exaustão provenientes do secador e um pequeno maçarico para aquecer o material removido e começar a retirada da umidade que pode estar presente.

2- Usina tipo “drum-mixer”

Na operação de reciclagem nas usinas tipo “drum-mixer”, o tambor secador convencional pode ser utilizado com algumas pequenas modificações. As alterações necessárias para a reciclagem são realizadas no tambor secador, basicamente, para evitar que o material removido seja exposto diretamente à chama do maçarico.

A reciclagem de misturas a quente com usinas “drum-mixer” convencionais geralmente são satisfatórias, porém as usinas podem não atender as exigências mínimas de qualidade do ar. A exposição direta do material removido à chama do maçarico e os gases de combustão extremamente quentes causam excessiva fumaça azul. Frequentemente, verifica-se o aparecimento de crostas formadas por material fino e asfalto sobre as aletas metálicas e no fundo do tambor, que contribuem, também, para aumentar a quantidade de fumaça.

Para evitar esses problemas, tem-se utilizado o sistema de alimentação no centro do tambor

como mostra a Figura 5.3. O sistema de alimentação no centro do tambor é o mais comumente utilizado para produzir misturas asfálticas recicladas em tambor misturador. Outros sistemas utilizados não têm tido sucesso devido a problemas de poluição e a baixas taxa de produção. Alguns métodos como o pirocone e do sistema de tambores em tandem, caíram em desuso.

O agregado novo entra no tambor pela extremidade do maçarico (zona de radiação) onde é seco e aquecido. O material removido entra num ponto mais baixo (na porção central), longe da chama e da elevada temperatura dos gases.

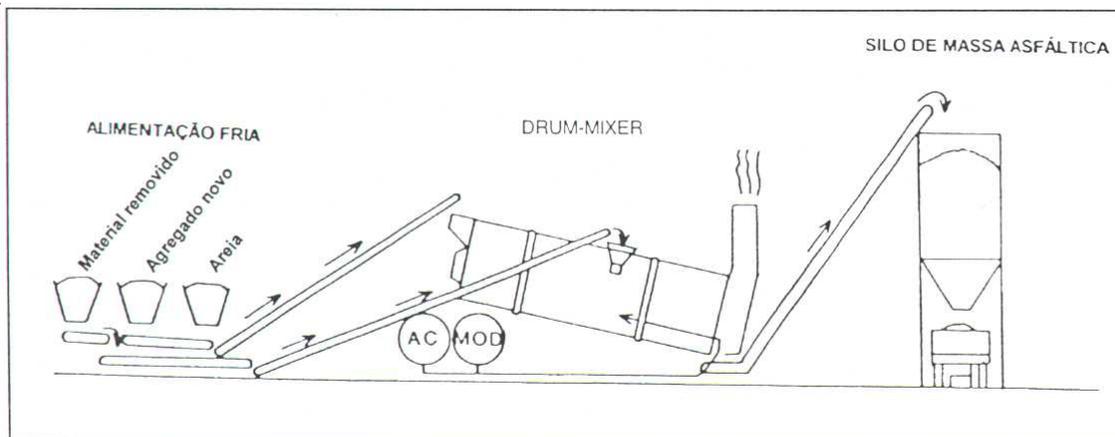


Figura 5.3 – Operação de usina “drum-mixer” na reciclagem a quente

A transferência de calor ocorre quando os dois materiais são combinados. Nessa fase são adicionados cimento asfáltico adicional e/ou agente rejuvenescedor, e a mistura é realizada na metade inferior do tambor (zona de confecção ou misturação). A maioria dos trabalhos de reciclagem a quente em usinas do tipo “drum-mixer” que utilizam um sistema desse tipo, tem aproveitado até 50% de material removido. A emissão de fumaça, na maioria desses trabalhos, tem estado dentro de limites aceitáveis.

As usinas de asfalto “drum-mixer” mais recentes já possuem o sistema de alimentação central. As usinas antigas necessitam diferentes modificações para reciclar pavimentos asfálticos.

Para eliminar os problemas da secagem dos materiais betuminosos fresados nas usinas “drum-mixer” convencionais, a indústria americana está fabricando a usina que faz a mistura num tambor duplo - a “doublé barrel”.

A “doublé barrel” é uma usina em que o tempo de mistura, em decorrência do comprimento da câmara de mistura, é mais longo (75 segundos). Ela possui um tambor de menor diâmetro e de maior comprimento, semelhante ao de um usina gravimétrica, que gira dentro de um outro tambor, concêntrico e fixo, de diâmetro bem maior, de menor comprimento e termicamente isolado. A coroa circular formada ao longo do comprimento do tambor de maior diâmetro forma a câmara de mistura, onde existem pás para a execução e homogeneização da mistura.

O agregado novo é adicionado na tambor de menor diâmetro, onde é aquecido por um maçarico cuja chama atua no contra-fluxo do material. O material é superaquecido após percorrer o comprimento do tambor menor e é introduzido na câmara de mistura. O material fresado é então introduzido diretamente na câmara e, após ser homogeneizado e aquecido pelo calor do material novo, é misturado juntamente com asfalto, agente rejuvenescedor e “filler”.

4ª Etapa: Lançamento e compactação

A mistura pode ser lançada e compactada como um concreto asfáltico normal, usando os procedimentos e equipamentos convencionais.

A quantidade de agregado adicional será definidas no projeto.

- Ligante betuminoso adicional

O ligante betuminoso adicional de reciclagem empregado deverá apresentar características estabelecidas no projeto.

- Agente de reciclagem

O agente de reciclagem quando empregado no processo da reciclagem deverá estar de acordo com as especificações estabelecidas no projeto.

A quantidade de agente de reciclagem será definido no projeto.

A produção do concreto betuminoso reciclado é efetuada conforme anteriormente especificado.

CONCRETO BETUMINOSO RECICLADO A QUENTE NA USINA
AGETOP - ES-P 20/01 PÁG.22/36

- Distribuição e compressão da mistura

A distribuição do concreto betuminoso reciclado deve ser feita por máquina acabadora conforme especificado no item 5.3.4.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser sanadas pela adição manual de concreto betuminoso, e o espalhamento efetuado por ancinhos e rolos metálicos.

Após a distribuição do concreto betuminoso reciclado tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

A temperatura recomendável para a compressão da mistura é aquela na qual o ligante apresenta uma viscosidade, “Saybolt-Furol”, (DNER-ME 004) de 140 +/- 15 segundos, para o cimento asfáltico empregado.

No caso de empregar rolos de pneus, de pressão variável, iniciar a rolagem com baixa pressão, e aumentar à medida que a mistura vai sendo compactada, e, conseqüentemente suportando pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta pela seguinte, de pelo menos a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até atingir a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões brusca de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente de modo a evitar a aderência da mistura.

- Abertura ao trânsito

Os revestimentos acabados deverão ser mantidos sem trânsito até o completo resfriamento.

Deverá ser realizada pintura de ligação (DNER-ES 307/97) antes da aplicação da mistura

reciclada, quando no processo da reciclagem a superfície do pavimento não foi previamente aquecida para sua remoção.

A temperatura do ligante betuminoso, contendo ou não agente para reciclagem, deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o asfalto apresenta viscosidade situada dentro da faixa de 75 segundos e 150 segundos “Saybolt-Furol”, (DNER-ME 004) indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 85 segundos a 95 segundos “Saybolt-Furol”. Entretanto a temperatura do ligante não deve ser inferior a 107°C ou exceder a 177°C.

- Concreto betuminoso adicional

O concreto betuminoso adicional, quando empregado no processo da reciclagem para recompor a curva granulométrica da mistura betuminosa e, ou melhorar as suas características mecânicas, deverá ser usinado, de acordo com as especificações para concreto betuminoso DNER-ES 313/97. A quantidade e qualidade de concreto betuminoso adicional será definido no projeto.

- Agregado adicional

O agregado mineral adicional, quando empregado no processo da reciclagem para reconstituir ou modificar a curva granulométrica definida no projeto, deverá satisfazer as características para agregados constantes das especificações para concreto betuminoso DNER-ES 313/97.

6. CONTROLE DE QUALIDADE

O objetivo da reciclagem é produzir uma mistura final que atenda em todos os aspectos as especificações de qualidade das misturas convencionais. Portanto, o controle de qualidade é tão importante durante a reciclagem como no processo de mistura a quente convencional.

O comportamento dos revestimentos de concreto asfáltico reciclado aconselha muito controle na produção das massas asfálticas. Os principais problemas verificados são a segregação

da mistura reciclada, a secagem deficiente do material removido e a dificuldade de compactação na pista.

No intuito de atingir as expectativas do projeto da mistura é necessário verificar os aspectos de qualidade do material removido. Algumas alterações ocorrem durante a estocagem e que devem ser corrigidas. No controle de qualidade da mistura reciclada deve-se dar ênfase especial a granulometria dos agregados e as características do asfalto do revestimento removido da pista.

A análise de granulometria do material recuperado pode determinar a adição de novos agregados, que adequadamente graduado, permitem o enquadramento da mistura numa faixa específica. A análise das propriedades do cimento asfáltico recuperado determina a escolha da quantidade e das características do novo asfalto e/ou agente rejuvenescedor necessário para atender às especificações quanto à mistura final.

Na operação em usina central, a inspeção de controle de qualidade deve inicialmente ser feita na classificação e pelo depósito do pavimento removido. Deverá ser verificado o seguinte:

- a) se o material está adequadamente fragmentado ou pulverizado;
- b) se houve a separação do material recuperado em pilhas de estoque de material mais graúdo e mais fino;
- c) se foram coletadas e ensaiadas as pilhas durante cada dia de produção, para garantir o atendimento dos requisitos de granulometria.

A estocagem deve ser executada, se possível, com a utilização de correias transportadoras para evitar o deslocamento de equipamentos sobre as pilhas. Elas devem ser devidamente secas e livres de excesso da umidade.

O principal aspecto a ser inspecionado na produção da massa reciclada é a entrada do material removido, pois ele não deve ser diretamente exposto ao aquecimento direto da chama do maçarico. Este material muitas vezes chamado de “fresado” deve ser suficientemente aquecido e seco, de maneira que seja reduzida a viscosidade do asfalto existente e permita a mistura com o novo ligante e/ou rejuvenescedor, para produzir uma mistura homogênea com a temperatura

uniforme.

A segregação é produzida geralmente pelo manuseio da mistura reciclada por meio de elevadores para promover o carregamento em silos verticais. Os problemas de compactação ocorrem pelo rápido resfriamento da mistura em decorrência da pouca energia calorífica absorvida pelos agregados, principalmente os graúdos, durante o processo de aquecimento.

7. MANEJO AMBIENTAL

Para execução do concreto betuminoso reciclado na usina são necessários trabalhos envolvendo a utilização de asfalto e agregados, além da instalação de usina misturadora.

Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque e operação da usina.

7.1. Agregados

No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- A brita e a areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal, cuja cópia deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.
- Evitar a localização da pedreira e das instalações e britagem em área de preservação ambiental.
- Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos.
- Impedir queimadas como forma de desmatamento.
- Seguir as recomendações constantes da DNER-ES 279/97 para os Caminhos de Serviço.
- Construir junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pós de pedra, eventualmente, produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu

carreamento para cursos d'água.

- Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como, atuação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

7.2. Ligantes Betuminosos

- Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água.
- Vedar o refugo de materiais usados à margem da estrada ou locais onde possam causar prejuízos ambientais.

- Recuperar a área afetada pelas operações de construção/execução mediante a remoção da usina e depósitos e a limpeza do canteiro de obras.

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

- a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;
- b) transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;
- c) transporte e estocagem de filer;
- d) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

AGENTES E FONTES POLUIDORAS

AGENTE POLUIDOR	FUNTE POLUIDORA
I – Emissão de Partículas	A principal fonte é o secador rotativo. Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II – Emissão de Gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III – Emissões Fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.
OBS: Emissões Fugitivas	São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.

7.3. Quanto à Instalação

- Impedir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200m medidos a partir da base da chaminé, de residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.
- Definir no projeto executivo áreas para as instalações industriais, de maneira a alcançar o mínimo de agressão ao meio ambiente.
- Atribuir à executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação/ operação, assim como manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito

nestas especificações.

7.4. Operação

- Instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes.
- Apresentar com o projeto para obtenção de licença, resultados de medições em chaminés, que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto, para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental.
- Dotar os silos de estocagem de agregados frios de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.
- Enclausurar a correia transportadora de agregados frios.
- Adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera.
- Manter pressão negativa no secador rotativo enquanto a usina estiver em operação, para evitar emissões de partículas na entrada e saída.
- Dotar o misturador, os silos de agregados quentes e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão, de conexão ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera.
- Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica.
- Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade.
- Dotar os silos de estocagem de “filler” de sistema próprio de filtragem a seco.
- Adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza nos filtros de mangas e reciclagem do pó retido nas mangas.
- Acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos de processo.
- Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.
- Dotar as chaminés de instalações adequadas para realização de medições.
- Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade) e o estabelecimento de barreiras vegetais no local, sempre que possível.

8. INSPEÇÃO

8.1. Controle do Material

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório obedecendo à metodologia indicada pelo DNER e satisfazer as especificações em vigor.

8.1.2 Ligante Betuminoso e Agente de Reciclagem

O ligante betuminoso adicional e o agente de reciclagem quando necessário deverão atender as especificações indicadas no projeto.

8.1.3. Agregados

O controle de qualidade do agregado adicional para compor a mistura asfáltica reciclada constará do seguinte:

- a) 02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente por jornada de trabalho (DNER-ME 083);
- b) 01 ensaio de desgaste “Los Angeles” do agregado graúdo adicional, por mês ou quando houver variação da natureza do material (DNER-ME 035);
- c) 01 ensaio de índice de fôrma de agregado graúdo adicional, para cada 900m³ (DNER-ME 086);
- d) 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo adicional, por jornada de trabalho (DNER-ME 054);
- e) 01 ensaio de granulometria do material de enchimento (“filler”) por jornada de trabalho (DNER-ME 083);
- f) 01 ensaio de adesividade do agregado graúdo e miúdo para cada 900m³ (DNER-ME 078 e DNER-ME 079).

8.1.4. Material a Reciclar (agregado e ligante recuperados)

Para cada 1.750m² de material da camada betuminosa deverá ser retirada amostra de maneira aleatória antes da fresagem ou escarificação, em quantidade suficiente para:

- 01 ensaio de extração e recuperação do ligante e mistura de agregado pelo método “Abson” (ASTM-D 1856), para realização dos seguintes ensaios:

- a) Agregado recuperado

- 01 ensaio de granulometria (DNER-ME 083).

- b) Ensaios do asfalto residual recuperado

- 01 viscosidade absoluta a 60°C (ABNT NBR-5847/MB-827);

- 01 determinação da susceptibilidade térmica pelo (DNER-ME 003 e ABNT NBR-6560);

- 01 ponto de fulgor (DNER-ME 148);

- 01 porcentagem de asfaltenos e saturados (ASTM-D 2007).

8.1.5. Controle da Usinagem no Local do Concreto Asfáltico Reciclado

8.1.5.1 Quantidade do Ligante da Mistura Reciclada

Devem ser efetuadas extrações de ligante betuminoso (DNER-ME 053) de amostras coletadas na pista logo após o espalhamento, para cada jornada de trabalho. A porcentagem de ligante deve variar no máximo +/- 0,3% da fixada no projeto.

8.1.5.2 Qualidade do Ligante Reciclado

Devem ser realizadas extrações e recuperações do ligante pelo método Abson (ASTM-D 1856) para realização dos seguintes ensaios:

- 01 viscosidade absoluta a 60°C (ABNT NBR-5847)

- 01 determinação da susceptibilidade térmica

- 01 ponto de fulgor

- 01 porcentagem de asfaltenos e saturadas (ASTM-D 2007)

8.1.5.3 Graduação da Mistura de Agregados

Será procedido o ensaio de granulometria DNER-ME 083 da mistura de agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no projeto.

8.1.5.4 Controle de Temperatura

Serão efetuadas medidas de temperatura durante a jornada de oito horas de trabalho em cada um dos itens abaixo discriminados:

- a) temperatura do concreto asfáltico adicional;
- b) temperatura do ligante adicional;
- c) temperatura da mistura asfáltica reciclada no equipamento de espalhamento.

Estas temperaturas deverão ser indicadas no projeto com uma tolerância de +/- 5°C.

8.1.5.5 Controle das Características da Mistura Reciclada

Deverão ser realizados ensaios Marshall com três corpos-de-prova para cada jornada de trabalho (DNER-ME 043), com amostras coletadas na saída do equipamento de maneira aleatória.

Os valores de estabilidade e da fluência deverão satisfazer ao especificado no projeto.

O número das determinações utilizadas nos ensaios de controle da usinagem do concreto betuminoso reciclado no local será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pelo Executante, conforme a tabela seguinte:

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL														
N	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
K	1.55	1.41	1.36	1.31	1.25	1.21	1.16	1.13	1.11	1.10	1.08	1.06	1.04	1.01
α	0.45	0.35	0.30	0.25	0.19	0.15	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
n = nº de amostras					k = coeficiente multiplicador					α = risco do executante				

O número mínimo de determinações por jornada de oito horas de trabalho é de cinco.

8.1.5.6 Compressão na Pista

8.1.5.6.1. Temperatura da Compressão

Deverão ser efetuadas medidas de temperatura durante o espalhamento da massa imediatamente antes de iniciada a compressão.

Estas temperaturas deverão ser as indicadas para compressão com uma tolerância de +/- 5°C.

8.1.5.6.2. Controle do Grau de Compressão

O controle do grau de compressão GC da mistura betuminosa reciclada deverá ser feito, preferencialmente, medido-se a densidade aparente de corpos de prova extraídos da mistura comprimida na pista, por meio de brocas rotativas.

Poderão ser empregados outros métodos para determinação da densidade aparente na pista, desde que indicados no projeto.

Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97% em relação a massa específica aparente do projeto.

O controle do grau de compressão poderá, também, ser feito medindo-se as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos da pista e comparando-se as densidades aparentes de corpos de prova moldados no local. As amostras para a moldagem destes corpos de prova deverão ser colhidas bem próximas ao local onde serão realizados os furos e antes da sua compactação.

O número de determinações do grau de compactação é definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pelo Executante, conforme tabela do item 8.1.5.5.

8.2. Verificação Final de Qualidade

8.2.1. Espessura da Camada

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista ou pelo nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Admite-se variação de $\pm 5\%$ em relação as espessuras de projeto.

8.2.2. Alinhamentos

A verificação do eixo e bordos é feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Poderá também ser a trena. Os desvios verificados não deverão exceder $\pm 5\text{cm}$.

8.2.3. Acabamento da Superfície

Durante a execução deverá ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície entre dois pontos quaisquer de contato não deve exceder a 0,5 cm quando verificada com qualquer das réguas.

O acabamento longitudinal da superfície deverá, ser verificado por “aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta” devidamente calibrado (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182) ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. Neste caso o acabamento ao Quociente de Irregularidade - QI deverá apresentar valor inferior a 35 contagens/km.

8.2.4. Condições de Segurança

O revestimento acabado deverá apresentar VRD, Valor de Resistência a Derrapagem, superior a 55, medido com auxílio do Pêndulo Britânico SRT (Métodos HD 15/87 e HD 36/87 Bristish Standard), ou outros similares.

O projeto da mistura deverá ser verificado através de trecho experimental com extensão

da ordem de 100 m.

Poderá também, ser empregado outro processo para avaliação da resistência à derrapagem, quando indicado no projeto. Os ensaios de controle da execução serão realizados para cada 200 m de pista, em locais escolhidos de maneira aleatória.

8.3. Aceitação e Rejeição

Todos os ensaios dos materiais indicados em 8.1 deverão atender aos requisitos especificados em 3.0.

Quanto ao controle da usinagem do concreto betuminoso, espalhamento e compressão na pista, verificar a condição seguinte (DNER-PRO 277/97):

a) Do processo de usinagem

Para a quantidade de ligante da mistura reciclada, graduação da mistura de agregado, temperatura na saída do misturador, fluência do ensaio Marshall em que é especificada uma faixa de valores mínimos e máximos, deve-se verificar a condição seguinte:

- $k_s < \text{valor mínimo de projeto ou } + k_s > \text{valor máximo de projeto}$ - rejeita-se o serviço

- $k_s \geq \text{valor mínimo de projeto ou } + k_s \leq \text{valor máximo de projeto}$ - aceita-se o serviço;

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

sendo: n

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

onde:

X_i = valores individuais

\bar{X} = média da amostra

s = desvio padrão da amostra

k = coeficiente tabelado em função do número de determinações

n = número de determinações

Para os resultados do ensaio de estabilidade Marshall em que é especificado um valor mínimo a ser atingido deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$ - aceita-se o serviço.

b) Na pista

Para o Grau de Compressão GC em que é especificado um valor mínimo a ser atingido, deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$ - rejeita-se o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$ - aceita-se o serviço.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O material betuminoso a reciclar removido do pavimento existente será medido em m³.

O concreto betuminoso reciclado será medido em toneladas através da mistura efetivamente aplicada na pista. Não serão motivo de medição a mão de obra, materiais, exceto, ligante betuminoso, transporte da mistura da usina à pista e encargos, por estarem incluídos na composição do preço unitário.

A quantidade de ligante betuminoso é medida no equipamento, em toneladas.

O transporte do ligante betuminoso, efetivamente aplicado, será medido com base na distância entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco

D R E N A G E M

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Sarjetas são dispositivos de drenagem superficial, moldados “in loco”, que disciplinam o fluxo das águas pluviais precipitadas sobre a plataforma da rodovia, conduzindo-as para outros dispositivos que as afastarão do corpo estradal.

1.2 As sarjetas podem ser em cortes ou aterros. Nos cortes são denominadas de Sarjetas ou Sarjetas de Corte. Nos aterros são denominadas de Sarjetas de aterro, Sarjetas conjugadas a meio-fio ou Sarjetas de Banquetas, quando executadas em Banquetas de Cortes ou aterros.

1.3 As Valetas são dispositivos de drenagem superficial que interceptam as águas que, através do terreno natural se encaminham para os Taludes de corte ou off-sets dos aterros (pé de aterro). Estes dispositivos também são conhecidos como Valetas de proteção de Cortes ou Valetas de proteção de aterros.

2. DEFINIÇÃO

Sarjetas são dispositivos de drenagem que se aplicam a cortes, aterros, canteiros centrais e em banquetas de cortes e aterros. Valetas são dispositivos de drenagem que se aplicam às cristas de cortes ou pé de aterro.

3. MATERIAIS

Todos os materiais empregados deverão atender integralmente, às especificações correspondentes adotadas pela AGETOP, a saber:

- Cimento – Recebimento e aceitação de Cimento Portland comum e de alto forno.
- Agregado miúdo – Agregado miúdo para concreto de cimento.
- Agregado graúdo – Agregado graúdo para concreto de cimento.
- Água – Água para concreto.

O concreto utilizado nos dispositivos em que se especifica este tipo de revestimento deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (fck) mín. aos 28 dias de 11 MPa. O concreto utilizado deverá ser preparado de acordo com o prescrito nas normas NBR 6118 e NBR 7187 da ABNT.

4. EXECUÇÃO

As sarjetas e valetas revestidas de concreto deverão ser moldadas “in loco”.

A execução das sarjetas deverá ser iniciada após a conclusão de todas as operações de pavimentação que envolvam atividades na faixa anexa. No caso de sarjetas de banquetas e valetas de proteção a execução será iniciada após a conclusão das operações de terraplenagem.

A execução das sarjetas e valetas revestidas de concreto compreenderá as seguintes etapas:

4.1. Preparo e Regularização da Superfície de Assentamento:

Esta etapa será executada mediante operações manuais que envolverão cortes e/ou aterros de forma a se atingir a geometria projetada para cada dispositivo. No caso de valetas de proteção de aterros ou cortes admite-se, opcionalmente, a associação mecânica, mediante emprego de lâmina de motoniveladora, ou pá carregadeira equipada com retro-escavadeira. Os materiais empregados nesta etapa serão os próprios solos existentes no local, ou mesmo material apiloado a jusante da valeta de proteção de corte, ou para conformar o terreno, na região situada entre o lado de jusante da valeta de proteção de aterro e os “off-sets” do aterro;

4.2. Disposição do Material Escavado:

Para as sarjetas os materiais escavados e não utilizados nas operações de preparo e regularização da superfície de assentamento serão destinados à bota-foras, estes devendo ser feitos próximos aos pontos de passagem e de modo a não prejudicar o escoamento das águas

superficiais. Para as valetas os materiais escavados serão aproveitados, respectivamente, para execução de uma banquetta de material apilado a jusante da valeta de proteção de corte, ou para conformar o terreno, na região situada entre o lado de jusante da valeta de proteção de aterro e os “off-sets” do aterro;

4.3. Instalações das Guias de Referência:

As guias de madeira que servirão de referência para a concretagem serão instaladas segundo a seção transversal de cada dispositivo, espaçadas de 2m;

4.4. Concretagem:

A concretagem envolverá o seguinte plano executivo:

- a) Lançamento do concreto em panos alternados;
- b) Espalhamento e acabamento do concreto mediante emprego de ferramentas manuais, em especial de uma régua que, apoiada nas duas guias adjacentes, permitirá a conformação da sarjeta ou valeta à seção pretendida;
- c) Retirada das guias dos panos concretados, tão logo se constate o suficiente endurecimento do concreto aplicado;
- d) Espalhamento e acabamento do concreto nos panos intermediários, utilizando-se como apoio para a régua de desempenho o próprio concreto dos panos anexos;

4.5. Juntas:

A sexta guia de cada segmento só será retirada após a concretagem dos dois panos anexos. Em seu lugar será executada uma junta de dilatação, vertendo-se cimento asfáltico previamente aquecido. Desta forma resultarão juntas espaçadas de 12m;

4.6. Revestimento vegetal complementar:

Quando especificado no projeto será aplicado revestimento vegetal de forma complementar, no material apilado anexo ao dispositivo.

As saídas d'água das sarjetas de corte serão executadas de forma idêntica à das sarjetas, as quais sofrerão deflexão na saída do corte e se prolongarão por cerca de 10m. Este valor poderá ser ajustado, na obra, em função das características particulares de cada local.

O concreto utilizado deverá ser preparado em betoneiras, com fator água/cimento apenas suficiente para se alcançar boa trabalhabilidade. Deverá ser preparado em quantidade suficiente para seu uso imediato, não se permitindo o lançamento após decorrida mais de 1 hora do seu preparo, e nem o seu retemperamento.

5. CONTROLE

5.1. Controle Geométrico e de Acabamento

A Fiscalização apreciará de forma visual as características de acabamento das sarjetas e valetas executadas. Adicionalmente, serão avaliadas as características geométricas destes dispositivos, de acordo com o seguinte plano de amostragem:

- a) Sarjetas e valetas com revestimento em concreto:
 - Determinação da espessura da camada de concreto aplicada, à razão de 1 ponto a cada 200 metros. A determinação da espessura será feita quando da retirada das guias do primeiro conjunto de panos concretados, em pontos aleatoriamente selecionados pela Fiscalização.
 - Determinação das dimensões transversais do dispositivo, por medidas a trena, nos mesmos pontos em que forem procedidas determinações de espessuras.

- b) Sarjetas e valetas com revestimento vegetal ou não-revestidas:
 - Determinação das dimensões transversais do dispositivo, à razão de 1 ponto a cada 200 metros, medidas a trena.

5.2. Controle tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 da ABNT para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

5.3. Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- acabamento seja julgado satisfatório;
- As dimensões transversais avaliadas não difiram das de projeto de mais do que 10%, em pontos isolados;
- Todas as medidas de espessuras efetuadas encontrem-se situadas no intervalo de $\pm 10\%$ em relação à espessura de projeto;
- A resistência à compressão simples estimada, determinada segundo o prescrito na NBR 6118 para controle assistemático seja superior à resistência característica especificada.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama.

- c) Durante o desenrolar das obras, deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.
- d) Nas obras de bota-fora ou empréstimos necessários à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

As Sarjetas e Valetas serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE DRENAGEM.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1 CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Meios-fios, também denominados de Banquetas, são dispositivos de drenagem superficial, pré-moldados ou moldados “in loco” que disciplinam o fluxo das águas pluviais precipitadas sobre a plataforma da rodovia, conduzindo-as para outros dispositivos que as afastarão do Corpo Estradal.

2. DEFINIÇÃO

Meios-fios são dispositivos de drenagem que se aplicam a aterros, canteiros centrais e a elementos de interseções para drenar e canalizar o tráfego.

3. EXECUÇÃO

3.1. Meios-fios moldados “in loco”

O processo executivo aqui considerado refere-se ao emprego de meios-fios moldados “in loco” com emprego de formas comuns, compreendendo as seguintes etapas:

- Escavação da porção anexa ao bordo do pavimento, obedecendo aos alinhamentos, cotas e dimensões indicadas no projeto;
- Execução de base de brita para regularização e apoio dos meios-fios;
- Instalação de guias de madeira segundo a seção transversal do meio-fio, espaçadas de 2m. Nas extensões de curvas esse espaçamento será reduzido para permitir melhor concordância;
- Instalação de formas na parte anterior e posterior do dispositivo;
- Lançamento e vibração do concreto;
- Retirada das guias e das formas laterais;
- Preenchimento das juntas com argamassa cimento-areia, traço 1:3, e

- Execução de juntas de dilatação, a intervalos de 12m, preenchidas com asfalto, ou outro material aprovado pela Fiscalização.

3.2. Meios-fios Pré-Moldados

Este processo executivo refere-se ao emprego de meios-fios pré-moldados de concreto de cimento Portland, envolvendo as seguintes etapas construtivas:

- Escavação da porção anexa ao bordo do pavimento, obedecendo aos alinhamentos, cotas e dimensões indicadas no projeto;
- Execução de base de brita para regularização e apoio dos meios-fios;
- Instalação e assentamento dos meios-fios pré-moldados, de forma compatível com o projeto-tipo considerado;
- Rejuntamento com argamassa cimento-areia, traço 1:3.

Os meios-fios deverão ser pré-moldados em fôrmas metálicas ou de madeira revestida que conduza a igual acabamento, sendo submetidos a adensamento por vibração. As peças deverão ter no máximo 1m, devendo esta dimensão ser reduzida para segmentos em curva.

3.3. Meios-fios Moldados “in loco” com Fôrmas Deslizantes

Este segundo procedimento alternativo refere-se ao emprego de fôrmas metálicas deslizantes, acopladas a máquinas automotrizes (moldagem por extrusão), compreendendo as etapas de construção relacionadas a seguir:

- Escavação da porção anexa ao bordo do pavimento, obedecendo aos alinhamentos, cotas e dimensões indicadas no projeto;
- Execução de base de brita para regularização e apoio dos meios-fios;
- Lançamento, por extrusão, do concreto, e
- Interrupção da concretagem e execução de juntas de dilatação, a intervalos de 12m, preenchidas com asfalto, ou outro material aprovado pela Fiscalização.

Para garantir maior resistência dos meios-fios a impactos laterais, quando estes não forem contidos por canteiros ou passeios, serão, aplicadas escoras de concreto magro (“bolas”), espaçadas de 2m.

Em qualquer dos casos o processo executivo eventualmente utilizado será adaptado às particularidades de cada obra, e submetido à aprovação da Fiscalização.

4. CONTROLE

4.1. Controle Geométrico e de Acabamento

O controle das condições de acabamento dos meios-fios de concreto será feito pela Fiscalização, em bases visuais.

O controle geométrico consistirá de medidas a trena das dimensões externas dos meios-fios aplicados, definidas aleatoriamente ao longo do trecho.

4.2. Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto utilizado na moldagem “in loco” ou em meios-fios pré-moldados será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

4.3. Aceitação

O serviço será considerado como aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- 1ª) O acabamento seja julgado satisfatório;
- 2ª) As dimensões externas do dispositivo não difiram das de projeto de mais do que

10% em pontos isolados, e

- 3ª) A resistência à compressão simples estimada (f_{ck}) est., determinada segundo o prescrito na NBR 6118 para controle assistemático seja superior à resistência característica especificada.

5. MEDIÇÃO

Os meios-fios de concreto serão medidos, de acordo com o tipo empregado, pela determinação da extensão executada, expressa em metros lineares.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama.
- c) Como em geral as águas de drenagem superficial afetam as condições de escoamento de fuso, conseqüentemente dos mananciais locais, durante a execução dos dispositivos, ou após a sua conclusão, deverá ser mantida a qualidade das águas impedindo-se a sua contaminação, especialmente por despejos sanitários.
- d) Durante o desenrolar das obras, deverá ser evitado o tráfego desnecessário de

equipamentos ou veículos por terrenos naturais, de modo a evitar a sua desfiguração.

- e) Nas obras de bota-fora ou empréstimos necessários à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os meios-fios (banquetas) serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE DRENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 As entradas de água são dispositivos de drenagem superficial que coletam as águas das sarjetas de aterro ou meios-fios ou valetas e as conduzem às descidas d'água em taludes (calhas).

1.2 Descidas d'água em taludes (calhas) são dispositivos de drenagem superficial que conduzem as águas das sarjetas de aterro ou meios-fios ou valetas até o terreno natural. Estes dispositivos também são conhecidos como RÁPIDOS.

Os tipos de Descidas d'água mais utilizados são os seguintes:

- Meia-cana de concreto, pré-moldado assente sobre base de concreto.
- Calha semi-circular corrugada metálica.
- Canal retangular de concreto moldado “in loco”.
- Canal retangular em degraus, de concreto moldado “in loco”.

2. DEFINIÇÃO

As entradas d'água são os dispositivos que coletam as águas conduzidas por meios-fios ou sarjetas e as conduzem às descidas d'água, em pontos baixos ou em pontos de greide contínuo em que a vazão-limite dos dispositivos de condução longitudinal é atingida. No caso de pontos baixos a entrada d'água recebe fluxo pelos dois lados e, no caso de greide contínuo, apenas do lado de montante.

Descidas d'água são dispositivos destinados a conduzir as águas canalizadas pelos meios-fios ou sarjetas através do talude de aterros até o terreno natural.

3. MATERIAIS

Os materiais empregados deverão obedecer as especificações correspondentes adotados

pela AGETOP.

4. EXECUÇÃO

4.1. As Etapas Executivas para Entrada D'água são:

- Preparação e regularização da superfície de apoio da entrada d'água, utilizando-se processos manuais e solos locais ou materiais excedentes da pavimentação;
- Prolongamento dos meios-fios ou sarjetas de aterro, por deflexão de seus alinhamentos, atendendo ao projeto-tipo considerado;
- Instalação das formas laterais eventualmente necessárias;
- Lançamento e espalhamento do concreto, formando o piso da entrada d'água. Nesta etapa serão feitos os ajustes necessários ao encaixe com a descida d'água previamente executada;
- Concretagem da barreira transversal, para o caso de entradas d'água em greide contínuo, e
- Retirada das fôrmas, após período inicial de cura.

4.2 As Etapas Executivas para descida d'água em Meia-Cana de Concreto pré-moldada assente sobre base de concreto são:

- Escavação do canal ao longo do talude de aterro, de forma a comportar o berço de assentamento, mais um excesso lateral destinado à instalação de fôrmas. Nesta etapa serão também escavados os dentes, conforme prescrito no projeto-tipo adotado, devendo ser ainda apiloado o fundo do canal;
- Instalação das fôrmas necessárias;
- Concretagem da porção inferior do berço de assentamento, até o nível do fundo da meia-cana de concreto;
- Instalação das meias-canas de concreto sobre a porção inferior do berço, tão logo este exiba resistência suficiente;
- Concretagem da porção remanescente do berço de assentamento, envolvendo as meias-canas, tomando-se o cuidado prévio de escarificar a superfície da 1ª camada

ENTRADA E DESCIDAS D'ÁGUA EM TALUDES (CALHAS – ENTRADAS)

AGETOP - ES-D 03/01 PÁG. 03/06

anteriormente concretada;

- Retirada das fôrmas e preenchimento do espaço lateral com solo compactado, e
- Rejuntamento das meias-canais com argamassa cimento-areia, traço 1:3.

4.3. As Etapas Executivas para descidas d'água em calha metálica são:

- Escavação dos dentes de ancoragem e do canal para assentamento das calhas metálicas;
- Compactação do canal de assentamento;
- Concretagem dos dentes de ancoragem, tomando-se o cuidado de chumbar no concreto os parafusos necessários à amarração das calhas metálicas;
- Disposição das calhas e fixação das mesmas com parafusos e porcas, entre si e nos blocos de ancoragem.

4.4 As Etapas Executivas para descidas d'água em canal retangular em concreto moldado “in loco” são:

- Escavação do canal de assentamento do rápido, inclusive dentes de ancoragem, impondo-se um excesso lateral destinado à instalação de fôrmas;
- Compactação da superfície resultante da escavação;
- Instalação das fôrmas;
- Instalação das armaduras do piso e das alas, para o caso das versões em concreto armado;
- Concretagem do rápido a partir de sua porção inferior;
- Retirada das fôrmas, após cura do concreto;
- Complementação das laterais com solo local compactado.

4.5 As Etapas Construtivas para descidas d'água em canal retangular em degraus em concreto moldado “in loco” são:

- Escavação do canal de assentamento da descida dá água, obedecendo às dimensões previstas no projeto-tipo adotado, mais uma folga lateral destinada à instalação de fôrmas laterais;

ENTRADA E DESCIDAS D'ÁGUA EM TALUDES (CALHAS – ENTRADAS)

AGETOP - ES-D 03/01 PÁG. 04/06

- Instalação das fôrmas;
- Instalação das armaduras do piso, do espelho do degrau e das alas, para o caso das versões em concreto armado;
- Concretagem do dispositivo a partir do degrau inferior;
- Retirada das fôrmas, após constatada a suficiente cura do concreto aplicado;
- Preenchimento do espaço lateral com solo local compactado;

O concreto utilizado deverá ser preparado em betoneiras, com fator água/concreto apenas suficiente para se alcançar boa trabalhabilidade. Deverá ser preparado em quantidade suficiente para seu uso imediato, não se permitindo o lançamento após decorrida mais de 1 hora do seu preparo, e nem o seu retemperamento.

Deverão ser executadas juntas de dilatação a intervalos de no máximo 10m, medidos segundo o talude, preenchendo-se estas juntas com cimento asfáltico, ou outro material aprovado pela Fiscalização.

Especial atenção deve ser dada à conexão da descida d'água com os dispositivos de entrada (entrada d'água ou boca de montante de bueiro tubular) e com a sua descarga em caixa coletora ou dissipador de energia.

5. CONTROLE

5.1. Controle Geométrico e de Acabamento

O controle das condições de acabamento das descidas d'água será feito, pela Fiscalização, em bases visuais.

O controle geométrico consistirá de medidas a trena das dimensões externas das descidas, tomadas aleatoriamente.

5.2. Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

5.3. Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- O acabamento seja julgado satisfatório;
- As dimensões externas do dispositivo não difiram das de projeto de mais do que 10% em pontos isolados, e
- A resistência à compressão simples estimada (f_{ck}) est., determinada segundo o prescrito na NBR 6118 controle assistemático seja superior à resistência característica especificada.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama.
- c) Como em geral as águas de drenagem superficial afetam as condições de escoamento de fuso, conseqüentemente dos mananciais locais, durante a execução dos dispositivos, ou após a sua conclusão, deverá ser mantida a qualidade das águas

impedindo-se a sua contaminação, especialmente por despejos sanitários.

- d) Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- e) Nas obras de bota-fora ou empréstimos necessários à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

7. MEDIÇÃO

As entradas e descidas d'água em Taludes (Calhas – Entradas) serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE DRENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

PAVIMENTAÇÃO ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO

DISSIPADORES DE ENERGIA (SAÍDAS D'ÁGUA) - AGETOP- ES-D 04/01 PAG.01/06

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 As águas conduzidas por Sarjetas, Valetas, Meios-Fios, Descidos D'água, ou extremidades de bueiros ao entrarem em contacto com o terreno natural podem, dependendo do solo e da velocidade d'água provocar erosões que poderão comprometer o corpo estradal.

1.2 Como não pode se mudar o solo, executa-se dispositivos que reduzem a velocidade da água a valores compatíveis com a capacidade do solo resistir erosões. Estes dispositivos são conhecidos como dissipadores de energia de saídas d'água.

2. DEFINIÇÃO

Dissipadores de energia são dispositivos de drenagem superficial aplicáveis a extremidades de outros dispositivos, cujo deságüe no terreno natural possa provocar erosões. Os dissipadores são moldados “in loco” distinguindo-se três tipos básicos: dissipadores constituídos por alvenaria de pedra argamassadas, dissipadores constituídos por caixa de concreto preenchida com alvenaria de pedra argamassada e dissipadores de concreto providos de dentes.

3. MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações correspondentes adotadas pela AGETOP, a saber:

- cimento: “Recebimento e Aceitação de Cimento Portland comum e Portland de Alto Forno”.
- Agregado Miúdo: - “Agregado Miúdo para Concreto de Cimento”.
- Agregado Graúdo: - “Agregado Graúdo para Concreto de Cimento”.
- Água: - “Água para Concreto”.
- Concreto: - “Concretos e Argamassas”.
- Fôrmas (Guias): - “Fôrmas e Cimbres”.

DISSIPADORES DE ENERGIA (SAÍDAS D'ÁGUA)

AGETOP - ES-D 04/01 PAG. 02/06

O concreto utilizado deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (f_{ck}) mín. aos 28 dias de 11 MPa. O concreto utilizado deverá ser preparado de acordo com o prescrito nas normas NBR 6118 e NBR 7187 da ABNT.

A pedra-de-mão utilizada deverá ser originária de rocha sã e estável, apresentando os mesmos requisitos qualitativos exigidos para a pedra britada destinada à confecção de concreto. O diâmetro da pedra-de-mão deve se situar na faixa de 10 a 15cm.

4. EXECUÇÃO

4.1 As etapas executivas para os dissipadores de energia são:

- Dissipadores em Alvenaria de Pedra Argamassada;
- Escavação do terreno na extremidade de jusante do dispositivo cujo fluxo deverá ter sua energia dissipada, atendendo às dimensões estabelecidas no projeto-tipo adotado;
- Compactação da superfície resultante após escavação;
- Preenchimento da porção inferior da caixa com argamassa cimento-areia, traço 1:3, em espessura de cerca de 5cm;
- Preenchimento da escavação com a pedra-de-mão especificada, rejuntada com argamassa cimento-areia, traço 1:3;

4.2 Dissipadores constituídos por Caixa de Concreto preenchida por Alvenaria de Pedra Argamassada.

- Escavação do terreno de forma a proporcionar a conformação prevista no projeto-tipo adotado;
- Instalações das fôrmas laterais;
- Lançamento do concreto destinado à caixa e vibração manual ou mecânica;
- Retirada das fôrmas, após cura do concreto;
- Preenchimento da caixa com pedra-de-mão argamassada, previamente, espalhar

DISSIPADORES DE ENERGIA (SAÍDAS D'ÁGUA)

AGETOP - ES-D 04/01 PAG. 03/06

sobre o concreto da caixa uma camada de argamassa de rejuntamento cimento-areia, traço 1:3, em espessura de 5cm;

- Complementação de eventuais espaços laterais, decorrente da instalação de fôrmas, com solo local fortemente compactado.

4.3 Dissipadores de Concreto Providos de Dentes

- Escavação do terreno de forma a proporcionar a conformação prevista no projeto-tipo adotado;
- Compactação da superfície resultante da escavação;
- Instalação das fôrmas necessárias à moldagem da base e dos dentes;
- Lançamento e vibração do concreto;
- Retirada das fôrmas, após cura do concreto;
- Complementação de eventuais espaços laterais, decorrentes da instalação de fôrmas, com solo local fortemente compactado.
- nível das saídas d'água deverá se dar no mesmo nível do terreno;
- Se possível evitar escavações que excedam as dimensões do dissipador de energia e requeiram complementação com solo local compactado, gerando possíveis pontos de erosão;
- concreto utilizado deverá ser preparado em betoneiras com fator água/cimento apenas suficiente para se alcançar boa trabalhabilidade. Deverá ser preparado em quantidade suficiente para seu uso imediato, não se permitindo o lançamento após decorrida mais de 1 hora do seu preparo, e nem o seu retemperamento;
- A argamassa cimento-areia deverá ser preparada, preferencialmente, em betoneiras.

Especial atenção deverá ser dada a conexão das saídas dos dispositivos com os dissipadores de energia, de forma a evitar pontos fracos ou de infiltração de água. Se necessário rejuntar a zona de contato com cimento asfáltico.

5. CONTROLE

5.1. Controle Geométrico e de Acabamento

O controle das condições de acabamento dos dissipadores será feito, pela Fiscalização, em bases visuais.

O controle geométrico consistirá de medida a trena das dimensões externas dos dissipadores de energia.

5.2. Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto, quando este for utilizado, será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 ABNT para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

O controle da pedra-de-mão argamassada será feito visualmente e por testes expeditos de sua resistência, efetuados “in situ”, submetendo o serviço à ação mecânica de uma barra de ferro.

5.3. Aceitação

- O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:
- O acabamento seja julgado satisfatório;
- As dimensões externas do dispositivo não difiram das de projeto de mais do que 10%, em pontos isolados;
- A resistência à compressão simples estimada, determinada segundo o prescrito na NBR 6118 para controle assistemático seja superior à resistência característica especificada, quando utilizado concreto na confecção do dissipador, e a resistência a ação mecânica da pedra-de-mão argamassada, avaliada “in situ”;
- seja julgada satisfatória, quando esta for utilizada na confecção do dissipador.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Nos pontos de deságüe dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.
- c) Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama.
- d) Como em geral as águas de drenagem superficial afetam as condições de escoamento de fuso, conseqüentemente dos mananciais locais, durante a execução dos dispositivos, ou após a sua conclusão, deverá ser mantida a qualidade das águas impedindo-se a sua contaminação, especialmente por despejos sanitários.
- e) Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- f) Nas obras de bota-fora ou empréstimos necessários à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os dissipadores de energia (saídas d'água), serão medidos e pagos de acordo com os

DISSIPADORES DE ENERGIA (SAÍDAS D'ÁGUA)

AGETOPES-D 04/01 PAG. 06/06

PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE DRENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Os Bueiros de Greide são bueiros tubulares, em concreto ou metálicos, que se destinam a condução das águas precipitadas sobre a plataforma da Rodovia e Taludes de Corte a locais convenientes.

1.2 Os Bueiros de Greide usualmente recebem as águas coletadas por outros dispositivos de drenagem superficial ou mesmo de dispositivos de drenagem profunda. Por isto é comum que os Bueiros de Greide, à montante, tenham como extremidades caixas que coletam as águas – caixas coletoras e a jusante a saída das águas passem por dissipadores de energia ou tenham sua extremidade associada a outras estruturas que evitem os efeitos erosivos.

1.3 Os Bueiros aqui denominados como Bueiros de Greide podem ser utilizados como Bueiros para permitir a Transposição de Grotas.

2. DEFINIÇÃO

Bueiros de Greide são estruturas tubulares em concreto, metálicos ou mistas cuja finalidade é conduzir as águas coletadas por outros dispositivos de drenagem para locais de deságüe sem comprometimento da rodovia nem das regiões limítrofes.

3. MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente as especificações correspondentes adotadas pela AGETOP, a saber:

- Cimento: “Recebimento e Aceitação de Cimento Portland Comum e de Alto Forno”.
- Agregado Miúdo: “Agregado Miúdo para Concreto de Cimento”.
- Água: “Água para Concreto”.
- Concreto: “Concretos e Argamassas”.

- Aço: “Armaduras para Concreto Armado”.
- Fôrmas: “Fôrmas e Cimbres”.

O concreto utilizado deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (f_{ck}) mín. aos 28 dias de 11 MPa para as bocas e berço (concreto ciclópico) e de 15 MPa para os tubos. O concreto utilizado deverá ser preparado de acordo com o prescrito nas normas NBR 6118 e NBR 717 da ABNT.

Os tubos de concreto armado a serem empregados terão armadura simples ou dupla e serão do tipo de encaixe macho e fêmea, devendo atender às prescrições contidas na NBR 9794 da ABNT – “Tubo de concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais”. A classe de tubo a empregar deverá ser compatível com a altura de aterro prevista. Os tubos deverão ser rejuntados com argamassa de cimento-areia, traço 1.:3.

As Chapas Metálicas Corrugadas Galvanizadas serão utilizadas para os casos em que não sejam previstas condições de utilização agressivas. As chapas serão fornecidas pelo fabricante acompanhadas dos parafusos e porcas necessárias à montagem, bem como das ferramentas apropriadas.

As Chapas Metálicas Corrugadas Revestidas com Epoxy, são indicadas para situações em que sejam previstas condições de utilização agressivas. Além das porcas, parafusos e ferramentas necessárias à montagem, o fabricante deverá fornecer pincéis e resina epoxy, destinados ao retoque de eventuais pontos em que o revestimento tenha sido danificado durante o transporte ou manuseio das chapas.

4. EXECUÇÃO

- As etapas executivas a serem atendidas na construção dos bueiros tubulares são as seguintes:
- Locação da obra, de acordo com os elementos especificados no projeto. A locação será efetuada com piquetes espaçados de 5m, nivelados de forma a permitir a determinação dos volumes de escavação. Os elementos de projeto (estaca do eixo,

escondida, comprimentos e cotas) poderão sofrer pequenos ajustamentos de campo. A declividade longitudinal da obra deverá ser contínua;

- Escavação das trincheiras necessárias a implantação dos tubos metálicos ou à moldagem dos berços. Para os Bueiros Tubulares de Concreto a qual poderá ser executada manual ou mecanicamente, deve ser prevista uma largura superior em 30 cm à do berço ou ao diâmetro, para cada lado. Caso haja necessidade de execução de aterros para atingir a cota de assentamento do berço: ou dos tubos metálicos, estes deverão ser executados e compactados em camadas de no máximo, 15cm;
- Instalação das fôrmas laterais aos berços para Bueiros Tubulares de concreto;
- Execução da porção inferior do berço para Bueiros Tubulares de concreto, com concreto ciclópico com 30% de pedra-de-mão, até se atingir a linha correspondente à geratriz inferior dos tubos. Vibrar o concreto mecanicamente;
- Instalação dos tubos de concreto sobre a porção inferior do berço, tão logo o concreto utilizado apresente resistência para isto. Fixar os tubos na posição correta;
- Complementação da concretagem do berço, imediatamente após a instalação dos tubos de concreto. Vibrar o concreto mecanicamente;
- Retirada das fôrmas laterais ao berço;
- Rejuntamento dos tubos de concreto com argamassa, cimento-areia, traço 1:3;
- Os Tubos metálicos poderão ser montados “in loco” ou em seções e transportados ao local de implantação.

Execução do reaterro, preferencialmente com o próprio material escavado, desde que seja de boa qualidade. A compactação do material de reaterro deverá ser executada em camadas individuais de no máximo 15cm de espessura, por meio de “sapos mecânicos”, placas vibratórias ou soquetes mecânicos. O equipamento utilizado deverá ser compatível com o espaço previsto no projeto-tipo entre linhas de tubos de bueiros duplo ou triplos. Especial atenção deverá ser dada na compactação junto às paredes dos tubos. O reaterro deverá prosseguir até se atingir a espessura indicada no projeto acima da geratriz superior externa do corpo do bueiro.

Execução das bocas de montante e jusante: Caso as bocas de montante sejam do tipo caixa coletora, deverão ser atendidos procedimentos executivos previstos na especificação

correspondente a estes dispositivos. As bocas tipo nível de terra deverão ser executadas com concreto ciclópico, atendendo às imposições geométricas do projeto-tipo-adoptado.

A extremidade do bueiro metálico será ancorada no concreto da boca, pela utilização de 12 (doze) parafusos galvanizados de diâmetro maior que 19 mm (3/4") e comprimento superior a 150mm (6"), disposto a cada 30° ao longo do perímetro do tubo.

Concluídas as bocas, deverão ser verificadas as condições de canalização a montante e jusante da obra. Todas as erosões encontradas e que possam vir a comprometer o funcionamento da obra deverão ser tratadas com enrocamento de pedra arrumada ou por soluções específicas do projeto. Deverão ser executadas as necessárias valas de derivação, a jusante, e bacias de captação, a montante, de forma a disciplinar a entrada e saída do fluxo d'água no bueiro.

Na Execução deverão ser observados ainda:

- Preferencialmente deverão ser executadas bocas normais, mesmo para bueiros com pequenas densidades. Isto poderá ser feito prolongando-se o corpo do bueiro e/ou ajustando-se os taludes do aterro às alas das bocas normais;

Cuidados especiais deverão ser tomados quando do reaterro de Bueiros Tubulares Metálicos, prevendo-se cimbres internos ou outros dispositivos previstos pelo fabricante de modo a não danificar o tubo.

Quando existir solo com baixa capacidade de suporte no terreno de fundação, o projeto deverá prever todos os procedimentos para execução de berços para bueiros tubulares de concreto e metálicos.

Quando a declividade longitudinal do bueiro for superior a 5%, será indicado Bueiro Tubular de Concreto e o berço será provido de dentes, fundidos simultaneamente, e espaçados de acordo com o previsto no projeto-tipo adoptado. Opcionalmente o berço poderá ser fundido em uma só etapa com o tubo já assentado sobre guias transversais de concreto pré-moldados ou de madeira (2 guias por tubo);

Opcionalmente poderão ser utilizados tubos de encaixe tipo ponta e bolsa, a critério da Fiscalização. Neste caso, as dimensões transversais dos berços e bocas inclusas nos projetos-tipo adotados deverão ser aumentadas, para comportar as saliências das bolsas, para bueiros com linhas múltiplas;

Os Bueiros Tubulares com diâmetro superior a 1,60m terão extremidades – bocas, iguais as utilizadas para Bueiros Celulares em concreto armado.

Serão executados dissipadores de energia conectados à boca de jusante, nos locais indicados no projeto.

5. CONTROLE

5.1. Controle Geométrico e de Acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência, por métodos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidades, declividades, comprimentos e cotas dos bueiros executados e respectivas bocas.

As condições de acabamento serão apreciadas pela Fiscalização em bases visuais.

5.2. Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado nos berços e bocas será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 da ABNT para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

O controle tecnológico dos tubos empregados deverá atender ao prescrito na NBR 9794 da ABNT – “Tubo de Concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais”. Em princípio, serão executados apenas ensaios à compressão diametral, atendendo ao definido na NBR 9795 da ABNT, formando-se amostras de 2 peças para cada lote máximo de 100 tubos de cada

diâmetro utilizado. Ensaios de permeabilidade e absorção somente serão exigidos se existirem suspeitas quanto às características dos tubos utilizados.

5.3. ACEITAÇÃO

O serviço será considerado aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- acabamento seja julgado satisfatório;
- As características geométricas previstas tenham sido obedecidas.
- Em especial, as variações para mais ou para menos do diâmetro interno do tubo, em qualquer seção transversal, não devem exceder 1% do diâmetro interno médio;
- A resistência à compressão simples estimada (F_{ck}) est. do concreto utilizado nas bocas e berço, definida na NBR 6118 da ABNT para controle assistemático seja superior à resistência característica especificada;
- A resistência à compressão diametral obtida nos ensaios efetuados, seja superior aos valores mínimos especificados na NBR 9794, para a classe e diâmetro de tubo considerados.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Nos pontos de deságüe dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.
- c) Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama.

- d) Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- e) Nas áreas de bota-fora ou empréstimos necessários à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os bueiros de greide serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE DRENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Galerias são obras usuais para condução de águas pluviais que, por motivos técnicos ou de segurança, não podem ser conduzidos em canais a céu aberto.

1.2 Não considera-se a nível desta Especificação, Galerias em estruturas de Concreto Armado, tipo Bueiros Celulares. Trata-se apenas das Galerias executadas em Tubos de Concreto podendo eventualmente ser empregados tubos metálicos.

1.3 As Galerias estão associadas a outros dispositivos de drenagem tais como: Caixas Coletoras, Bocas de Lobo, Caixas de Ligação e de passagem, Poços de Visitas, Grelhas, Tampos e Saídas de Concreto.

1.4 Os elementos associados às Galerias, deverão ser objeto de projeto específico para cada caso e os materiais adequados ao uso e disponibilidade local.

2. DEFINIÇÃO

Galerias são dutos subterrâneos destinados a conduzir águas pluviais coletadas por dispositivos de Drenagem Superficial que em associação com estes dispositivos formam uma rede coletora.

3. MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações correspondentes adotadas pela AGETOP a saber:

- Cimento: “Recebimento e Aceitação de Cimento Portland Comum e Portland de Alto Forno”.
- Agregado Miúdo: “Agregado Miúdo para Concreto de Cimento”.
- Agregado Graúdo: “Agregado Graúdo para Concreto de Cimento”.

- Água: “Água para Concreto”.
- Concreto e Argamassa: “Concretos e Argamassas”.
- Fôrmas: “Fôrmas e Cimbres”.

O concreto utilizado deverá ser dosado experimentalmente para as seguintes resistências características à compressão (f_{ck}) mín. aos 28 dias;

- 11 MPa; (110 kg/cm²)

Para a composição de concreto ciclópico com 30% de pedra-de-mão, destinado ao berço das tubulações sujeitas à ação do tráfego.

- 15 MPa; (150 kg/cm²)

Caixas de ligação/passagem, câmara dos poços de visitas, laje de redução das chaminés dos poços de visita, rebaixo das grelhas das bocas-de-lobo, base das bocas-de-lobo e tubos.

- 22 MPa; (220 kg/cm²)

Grade de apoio e grelhas de concreto das bocas-de-lobo.

Em todos os casos, o concreto utilizado deverá ser preparado de acordo com o prescrito nas normas NBR 6118 e NBR 7187 da ABNT. Para revestimento interno das bocas-de-lobo será utilizada argamassa cimento-areia, traço 1:3.

A composição das paredes das bocas-de-lobo e da chaminé dos poços de visita será feita com alvenaria de tijolos maciços requemados de categoria “C”, atendendo ao disposto na norma NBR 7170 da ABNT.

Os tubos de concreto armado a serem empregados terão armadura simples ou dupla e serão do tipo de encaixe macho e fêmea ou ponta e bolsa, devendo atender às prescrições contidas na NBR 9794 da ABNT “Tubo de Concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais”. A classe de tubo a empregar deverá ser compatível com a altura de aterro prevista. Os tubos deverão ser rejuntados com argamassa de cimento e areia, traço 1:3.

O material utilizado no tampão de ferro fundido cinzento utilizado nos poços de visita deverá atender ao disposto na NBR 6598 da ABNT.

4. EXECUÇÃO

4.1. Galeria

A execução da Galeria em tubos obedecerá o que dispõe a AGETOP-ES-D 05/01.

4.2. Bocas-de-lobo

As bocas-de-lobo são dispositivos a serem executados junto aos meios-fios ou meios-fios com sarjetas, em áreas urbanizadas, com o objetivo de captar as águas pluviais e conduzi-las à rede condutora. Na dependência da vazão de chegada ao ponto de coleta d'água poderão ser executadas bocas-de-lobo simples ou duplas, ambas com grelhas pré-moldadas de concreto, sendo as etapas executivas, a seguir descritas, aplicáveis a ambas:

- Escavação e remoção do material existente, de forma a comportar a boca-de-lobo prevista;
- Compactação da superfície resultante no fundo da escavação, e execução de base de concreto simples com 10cm de espessura;
- Execução das paredes em alvenaria de tijolos, assentados com argamassa cimento-areia, traço 1:3, conectando a boca-de-lobo à rede condutora e ajustando o(s) tubo(s) de entrada e/ou saída à alvenaria executada, através de rejunte com a mesma argamassa;
- Execução da cinta superior em concreto simples e revestimento das paredes internas com argamassa cimento-areia, traço 1:3;
- Instalação do meio-fio;
- Moldagem “in loco” do quadro de concreto simples para assentamento da grelha;
- Moldagem “in loco” do rebaixo de concreto na aresta da boca-de-lobo, e,
- Instalação da grelha pré-moldada de concreto armado.

4.3. Caixas de Ligação e Passagem

As Caixas de Ligação e passagem são os dispositivos auxiliares implantados nas redes de águas pluviais, a fim de possibilitar a ligação das bocas-de-lobo à rede coletora e permitir as mudanças de declividade dos coletores. Poderão ser executadas sem dispositivo interno de queda ou com queda interna de 50cm ou 100cm. O processo básico envolve as seguintes etapas:

- A escavação necessária à implantação das caixas de ligação e passagem será parte integrante da escavação das valas da rede coletora;
- Compactação da superfície de apoio da caixa de ligação e passagem;
- Instalação das fôrmas das paredes da caixa, e dos tubos da rede coletora e/ou da conexão à boca-de-lobo;
- Concretagem do fundo, sucedida da concretagem das paredes da caixa, com a conseqüente vibração do concreto;
- Retirada das fôrmas;
- Pré-moldagem da tampa de concreto e instalação da mesma sobre a caixa.

4.4. Poços de Visita

Poços de visita são os dispositivos auxiliares implantados nas redes de água pluviais, a fim de possibilitar a ligação das bocas-de-lobo à rede coletora e permitir as mudanças de direção, de declividade e dos diâmetros de tubos empregados, além de propiciar acesso para efeito de limpeza e inspeção da rede, devendo, para isso, ser instalados em pontos convenientes. São constituídos por uma câmara similar à das caixas de ligação e passagem, à qual é acoplada uma chaminé protegida por um tampão de ferro fundido. As etapas executivas são as seguintes:

- Câmara dos Poços de Visita;
- Compactação da superfície resultante da escavação das valas da rede coletora, no local de instalação do poço de visita;
- Instalação das fôrmas das paredes da câmara, e dos tubos da rede coletora e/ou conexão à boca-de-lobo;

- Concretagem do fundo, sucedida da concretagem das paredes da caixa, com a conseqüente vibração do concreto;
- Retirada das fôrmas das paredes;
- Instalações das fôrmas e armaduras da tampa, e concretagem “in loco”;
- Retirada das fôrmas da tampa, através do orifício da chaminé.
- Chaminé dos Poços de Visita
- Execução do corpo da chaminé, em alvenaria de tijolos, após a cura do concreto da câmara do poço de visita. Utilizar no assentamento argamassa cimento-areia, traço 1:3;
- Execução da escada interna tipo “marinheiro”, com aço CA-25 de 16 mm dobrado, chumbada no corpo da chaminé;
- Pré-moldagem da laje de redução em concreto armado, e instalação da mesma no topo da chaminé;
- Complementação do colarinho da chaminé com alvenaria de tijolos encimada por concreto simples, este já ajustado para receber o caixilho do tampão de ferro fundido;
- Execução do revestimento interno da chaminé com argamassa cimento-areia, 1:3;
- Instalação do tampão de acesso em ferro fundido. Admite-se o emprego de tampão utilizado especificamente em cada localidade, similar ao apresentado no projeto-tipo de “Álbum”, desde que de mesma qualidade e aprovado pela Fiscalização.

4.5. Rede Coletora (Galerias)

A rede coletora será constituída por tubos de concreto armado de seção circular, que deverão, preferencialmente, ser instalados sob os passeios ou canteiros anexos ao pavimento. No caso de instalação da rede sob área trafegável, os tubos se apoiarão sobre berços de concreto idênticos aos previstos para bueiros tubulares. A seqüência executiva envolve as seguintes etapas:

- Escavação das valas com as declividades e profundidades previstas no projeto, em largura superior ao diâmetro do tubo em 60cm;
- Compactação do fundo das valas com soquetes manuais ou mecânicos;
- Execução da 1ª camada do berço de concreto, para os casos de redes tubulares

posicionadas em área trafegável, até a geratriz inferior dos tubos;

- Instalação dos tubos, conectando-se às bocas-de-lobo, caixas de ligação e passagem, poços de visitas ou saídas de concreto;
- Execução da 2ª camada do berço de concreto, quando previsto;
- Rejuntamento dos tubos com argamassa cimento-areia, traço 1:3;
- Execução do reaterro, preferencialmente com o próprio material escavado, desde que este seja de boa qualidade. Caso não seja, importar material selecionado. A compactação do reaterro deverá ser executada em camadas individuais de no máximo 15cm de espessura, por meio de “sapos mecânicos”, placas vibratórias ou soquetes mecânicos. Especial atenção deverá ser dada na compactação junto às paredes do tubo. O reaterro deverá prosseguir até se atingir uma espessura de no mínimo 50cm acima da geratriz superior externa dos tubos.

5. CONTROLE

5.1. Controle Geométrico e de Acabamento

O Controle Geométrico consistirá:

- Na conferência, por processos topográficos corrente, dos alinhamentos, declividades e dimensões transversais das valas executadas;
- Na verificação das medidas externas das bocas-de-lobo, caixas de ligação e passagem e poços de visita executados.

O controle das condições de acabamento dos dispositivos de drenagem pluvial será feito, pela Fiscalização, em bases visuais.

5.2. Controle Tecnológico

O controle tecnológico dos tubos empregados deverá atender ao prescrito na NBR 9794 da ABNT – “Tubo de Concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais”. Em princípio,

serão executados apenas ensaios à compressão diametral, atendendo ao definido na NBR 9795 da ABNT, formando-se amostras de 2 peças para cada lote de no máximo 100 tubos de cada diâmetro utilizado. Ensaios de permeabilidade e absorção somente serão exigidos se existirem suspeitas quanto às características dos tubos utilizados.

O controle tecnológico do concreto empregado nas bocas-de-lobo, caixas de ligação e passagem, poços de visita e berços será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 da ABNT para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

Os tijolos empregados na confecção de bocas-de-lobo e chaminés de poços de visita serão submetidos ao ensaio à compressão definida na NBR-6460, formando-se amostras duplas conforme o previsto na NBR 7170.

5.3. Aceitação

Os serviços serão considerados aceitos desde que atendidas as seguintes condições:

- O acabamento seja julgado satisfatório;
- As características geométricas previstas tenham sido obedecidas, não sendo aceitas diferenças superiores a 10%, para medidas isoladas;
- A resistência à compressão simples estimada para os concretos (fck) est., determinada segundo o prescrito na NBR 6118 para controle assistemático, seja superior à resistência característica especificada;
- A resistência à compressão diametral dos tubos obtida nos ensaios efetuados seja superior aos valores mínimos especificados na NBR 9794, para a classe e diâmetro de tubo considerado, e
- A resistência à compressão mínima dos tijolos, verificada conforme a NBR 6460, seja superior a 4 MPa.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Nos pontos de deságüe dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.
- c) Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama.
- d) Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- e) Nas áreas de bota-fora ou empréstimos necessários à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

As galerias serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE DRENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

DRENAGEM - ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO

DRENOS PROFUNDOS (LONGITUDINAIS) - AGETOP - ES-D 07/01 - PÁG. 01/11

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 A abertura de um corte, em solo ou rocha, pode interceptar o lençol freático, ou ainda os caminhos de percolação das águas livres no subsolo, impedindo a execução de um Pavimento ou acelerando sua deteriorização.

1.2 É possível que, decorrido um razoável período do ciclo de “chuvas e estio”, o lençol freático adquira uma outra configuração de estabilidade com cotas inferiores às iniciais podendo até não ser mais surgente .

1.3 É possível ainda que, sejam necessários drenos sub-superficiais e drenos sub-horizontais para promover o efetivo rebaixamento do lençol freático.

1.4 O posicionamento do Dreno Profundo ao longo do corte poderá comprometer a estabilidade do talude. Deste modo, estudos deverão ser feitos de modo a determinar a inclinação mais adequada.

1.5 Por motivos econômicos quando a terraplenagem optar por alargar cortes deve-se aproveitar tal fato para que o alargamento conduza a uma seção transversal de “falso aterro” com a cota do eixo 1,50m mais alta que o pé do talude, objetivando a não execução de drenos Profundos Longitudinais.

2. DEFINIÇÃO

Drenos Profundos longitudinais se destinam a interceptar ou rebuscar o lençol freático em cortes em solo de rocha. Trata-se de inserção de um meio poroso, com permeabilidade bem maior que os materiais de corte, de modo a captar a água e conduzi-la para fora deste segmento da rodovia.

3. MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações correspondentes adotadas pela AGETOP:

3.1. Material Filtrante

Como material filtrante será utilizada areia natural quatzosa isenta de impurezas orgânicas e torrões de argila.

A granulometria do material filtrante deverá ser verificada segundo critérios de dimensionamento de filtros aprovados pela Fiscalização, para que se ateste a sua adequação face aos solos envolventes, tendo em vista os aspectos de colmatação e permeabilidade.

Caso os materiais naturais disponíveis não sejam perfeitamente adequados, admite-se a correção com outros materiais, naturais ou artificiais, ou o emprego de areia artificial resultante da britagem de rocha sã.

3.2. Material Drenante

Como material drenante poderão ser utilizados produtos resultantes da britagem e classificação de rocha sã, areias e pedregulhos naturais ou seixos rolados, desde que isentos de impurezas orgânicas e torrões de argila.

A granulometria do material drenante deverá ser verificada ou projetada segundo critérios de dimensionamento de filtros aprovados pela Fiscalização, para que sejam atendidas as seguintes condições:

- a) O material drenante não seja colmatado pelo material envolvente, seja ele o material filtrante ou um solo;
- b) A permeabilidade do material drenante seja satisfatória;
- c) Os fragmentos do material drenante não sejam pequenos a ponto de bloquear ou se infiltrarem no interior de tubos de concreto perfurados, quando estes forem previstos.

3.3. Tubos de Concreto Porosos e Perfurados

Os tubos de concreto porosos e perfurados terão diâmetro interno de 20cm. Os materiais a serem utilizados na confecção dos tubos de concreto deverão atender, no que couber, ao previsto nas seguintes especificações:

- Tubos de concreto perfurados: “Tubo de Concreto Simples de Seção Circular para Águas Pluviais”, da ABNT, e AASHTO M 175.
- Tubos de concreto Poroso: AASHTO M 179.

Em qualquer caso, a resistência à compressão diametral mínima de ruptura dos tubos empregados deverá ser superior a 16 KN/m, quando determinada segundo o ensaio definido na NBR 6584 da ABNT.

Os tubos porosos serão confeccionados com concreto em que a participação de agregado miúdo é mínima. Sua permeabilidade, deve assemelhar-se, portanto, a do agregado graúdo que entra na composição do concreto utilizado.

3.4. Tubos Cerâmicos Porosos

Os tubos cerâmicos porosos, quando empregados, deverão apresentar diâmetro interno de 20cm e atender no que couber ao especificado na NDR 5645 da ABNT. A resistência deverá ser superior a 16 KN/m.

3.5. Concreto para as Saídas

O concreto utilizado nas saídas deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (f_{ck})min. aos 28 dias de 11 MPa, devendo ser preparado de acordo com o prescrito nas normas NB-6118 e NB-7187 da ABNT. Deverão ser seguidas as seguintes especificações:

- Cimento: “Recebimento e Aceitação de Cimento Portland Comum e Portland de Alto Forno”.
- Água: “Água para Concreto”.
- Fôrmas: “Fôrmas e Cimbres”.

4. EQUIPAMENTOS

Para a escavação de valas além de pás e picaretas serão utilizados os seguintes equipamentos:

- Subleito em solo: pá-carregadeira equipada com retro-escavadeira e caminhões basculantes para o transporte.
- Subleito em rocha: perfuratrizes para abertura de minas, pás carregadeiras para a carga e caminhões basculantes para o transporte.

Para a compactação dos materiais de enchimento da vala serão utilizados soquetes manuais. Opcionalmente, poderão ser utilizados soquetes mecânicos, a critério da Fiscalização.

5. EXECUÇÃO

As etapas a serem seguidas na execução dos drenos longitudinais profundos, para subleito em solo ou rocha, são as seguintes:

- 1ª) Abertura das valas, no sentido de jusante para montante, atendendo às dimensões estabelecidas no projeto. A declividade longitudinal mínima do fundo das valas deverá ser de 1%. Será utilizado processo de escavação compatível com a dificuldade extrativa do material;
- 2ª) Disposição do material escavado, em local próximo aos pontos de passagem, de forma a não prejudicar a configuração do terreno e nem dificultar o escoamento das águas superficiais.

- 3ª) Preenchimento das valas no sentido de montante para jusante, com os materiais especificados no projeto, atendendo às seguintes particularidades:

5.1. Drenos Contínuos com Tubo Poroso

Os drenos contínuos aqui considerados serão preenchidos unicamente com material filtrante, sendo equipados com tubos porosos (cerâmicos ou de concreto) e opcionalmente com selo superior. O preenchimento da cava obedecerá às seguintes etapas:

- Preparo de uma camada de 10cm de espessura no fundo da vala, com o material filtrante especificado, devidamente compactado;
- Assentamento e rejuntamento dos tubos com argamassa cimento-areia, traço 1:3. O “macho” do encaixe deverá ser sempre posicionado do lado de montante;
- Complementação do enchimento da cava com o material filtrante, compactado em camadas individuais de cerca de 20cm, até a cota especificada no projeto-tipo adotado. Cuidados especiais, deverão ser tomados, no sentido de manter a integridade dos tubos durante a compressão.
- Aplicação e compactação do selo superior de argila, quando adotada a versão de dreno selado.

5.2. Drenos Contínuos Cegos

Estes drenos receberão apenas um material drenante para enchimento da vala. Esta versão é considerada adequada apenas para cortes em rocha sã, onde não existam riscos de colmatção do material granular empregado e a vazão seja moderada. O material drenante será compactado na vala em camadas individuais de cerca de 20cm, até a cota prevista no projeto-tipo adotado.

5.3. Drenos Contínuos com Tubo de Concreto Perfurado

Estes drenos serão constituídos por material drenante, envolvendo tubo de concreto perfurado. São considerados adequados para cortes em rocha sã, onde não existam riscos de

colmatação do material granular empregado e a incidência de água freática seja elevada. As etapas executivas são as seguintes:

- Preparo de uma camada de 10cm de espessura no fundo da vala, com o material drenante especificado, devidamente compactado;
- Assentamento dos tubos com os furos voltados para baixo, e rejuntamento com argamassa cimento-areia, traço 1:3;
- Complementação do enchimento da vala com o material drenante, compactado em camadas individuais de cerca de 20cm cada.

5.4. Drenos Descontínuos com Materiais Granulares

Estes drenos são constituídos por um tubo de concreto perfurado, envolvido por material drenante (material de proteção do tubo) e todo este conjunto protegido dos efeitos de colmatação por um material filtrante granular. As etapas executivas são as seguintes:

- Aplicação e compactação do material filtrante no fundo da vala;
- Instalação de fôrmas laterais provisórias que permitam a colocação dos materiais filtrante e drenante sem que estes se misturem;
- Aplicação e compactação do material drenante, entre as fôrmas, até a cota correspondente à geratriz inferior do tubo;
- Instalação do tubo de concreto perfurado com os orifícios voltados para baixo e rejuntamento com argamassa cimento-areia, traço 1:3;
- Complementação do enchimento da porção entre fôrmas com o material drenante, e da porção externa às formas com o material filtrante. Aplicar a compactação leve;
- Retirada das fôrmas provisórias. Esta operação pode ser manual ou mecanizada, neste último caso utilizando-se cabos de aço acoplados à pá de uma retro-escavadeira;
- Compressão, com soquete manuais, da superfície dos materiais filtrantes e drenante;
- Complementação do enchimento da cava com o material filtrante, compactado

em camadas individuais de cerca de 20cm cada;

- Aplicação e compactação de selo de argila, quando previsto.

5.5. Drenos Descontínuos com Manta Sintética e Material Granular

- Aplicação da manta, fixando-a nas paredes e na superfície adjacente à vala com grampos de ferro de 5mm dobrados em “U”;
- Aplicação e compactação do material granular drenante no fundo da vala;
- Instalação dos tubos perfurados (quando previsto) com os furos voltados para baixo, e rejuntamento com argamassa cimento-areia, traço 1:3 ;
- Complementação do enchimento da vala com o material drenante especificado, compactado em camadas individuais de no máximo 20cm;
- Dobragem e costura da manta com sobreposição transversal de cerca de 20cm, complementando o envelopamento. Impor sobreposição da manta nas emendas longitudinais de pelo menos 20cm com costura, ou 50cm, sem costura;
- Aplicação e compactação do selo de argila, quando previsto.
- Execução das saídas de concreto de acordo com o projeto-tipo adotado. Nas saídas dos cortes os drenos devem ser defletidos em cerca de 45°, com raio da ordem de 5m, prolongando-se no mínimo 1m além do “off-set” do aterro anexo. Executar, se necessário, escavação que garanta adequado fluxo às águas dispostas pelo dreno.

6. CONTROLE

6.1. Controle Geométrico

O Controle Geométrico consistirá no nivelamento do fundo das valas e na determinação das dimensões das mesmas. Serão ainda verificadas as dimensões das bocas de saída executadas e dos tubos empregados, estes à razão de 4 tubos por quilômetro de dreno.

6.2. Controle Tecnológico

6.2.1 Materiais Filtrante e Drenante

Serão efetuadas análises granulométricas dos agregados empregados, à razão de 1 ensaio para cada 1000m de drenos executados. As condições de compactação serão controladas visualmente.

6.2.2 Selo

As características do material argiloso utilizado como selo, quando previsto, serão avaliados em bases tácteis e visuais. Não poderão ser utilizados, nesta função, materiais arenosos, materiais argilosos expansivos.

6.2.3 Tubos

Serão formadas amostras dos tubos empregados à razão de 4 tubos por quilômetro de dreno. As características externas destes tubos serão apreciadas visualmente. Deverão ser ainda executados os seguintes ensaios para cada amostra, previamente à execução do dreno:

- Um ensaio à compressão diametral (NBR 6584 da ABNT)
- Um ensaio expedito de permeabilidade, de acordo com o seguinte roteiro:
 - a) Preparar sobre uma superfície plana uma camada de argamassa cimento-areia, traço 1:3, em espessura de 5cm e com área pouco superior à da seção do tubo a ensaiar;
 - c) Instalar o tubo na posição vertical sobre a argamassa, recém-espalhada, assegurando a vedação de sua porção inferior;

- d) Após curada a argamassa, verter no interior do tubo quantidade de água equivalente ao seu volume interno;
- e) Avaliar o tempo necessário ao total escoamento da água, parâmetro este que servirá para inferir a permeabilidade dos tubos utilizados.

6.2.4 Bocas de Saída

Serão realizados rompimentos de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o previsto na NBR 6118 para controle assistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

6.2.5 Manta Sintética (Geotextil)

As características das mantas sintéticas serão apreciadas em bases visuais e através de testes expeditos de campo de sua resistência à tração.

6.3. Aceitação

O serviço será considerado aceito desde que sejam atendidas as seguintes condições:

- As dimensões das valas não difiram das de projeto de mais de 10%, em pontos isolados, e a declividade longitudinal não seja inferior a 1%;
- Os agregados empregados apresentem composição granulométrica contida na faixa definida no projeto;
- material do selo, quando empregado, seja julgado satisfatório em termos de qualidade;
- As condições de compactação sejam julgadas satisfatórias;
- Os tubos utilizados não apresentem variações em quaisquer dimensões maiores do

que as indicadas a seguir:

- a) comprimento 2cm/m
- b) espessura do tubo 0,2 cm

- Não ocorram imperfeições na mistura ou moldagem dos tubos, e nem trincas que possam afetar a sua resistência ou durabilidade;
- A resistência a compressão diametral mínima de trinca dos tubos seja de 16 KN/m;
- A permeabilidade dos tubos porosos avaliada no ensaio expedito de canteiro seja julgada satisfatória;
- As características de resistência das mantas sintéticas sejam julgadas satisfatórias;
- A resistência à compressão simples estimada (fck) est. determinada segundo o prescrito na NBR 6118 da ABNT para controle assistemático, seja superior à resistência característica especificada para o concreto das bocas de saída.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- Nos pontos de deságüe dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.
- Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama;
- Como em geral as águas subterrâneas afetam os mananciais locais, durante a execução dos drenos ou após a sua conclusão, deverá ser mantida a qualidade das águas, impedindo-se sua contaminação, especialmente por dejetos

sanitários.

- Especial atenção deverá ser dada a manutenção da estabilidade dos maciços onde são instalados os drenos subterrâneos, impedindo-se que ocorram escorregamentos ou desagregação dos taludes;
- Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- Nas áreas de bota-fora ou empréstimos necessários à realização das valas de saída que se instalam nas vertentes, deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os drenos profundos serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE DRENAGEM DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

O b r a s d e A r t e

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Os Serviços Preliminares destinam-se a remover todo e qualquer obstáculo que interfira na segurança ou na execução dos serviços e a implantar toda a infra-estrutura necessária à execução da OBRA DE ARTE.

2. DEFINIÇÃO

Os Serviços Preliminares são operações que precedem o início de qualquer obra e abrangem desde o desmatamento, destocamento e limpeza, até remoção de estruturas; implantação de instalações que permitem boas condições de habitabilidade dos empregados, correto armazenamento de materiais, operação de agrupamento e vias de acesso para o perfeito abastecimento do canteiro.

3. MATERIAIS

Os materiais a serem empregados, deverão ser adequados aos tipos de serviços a serem executados e atender às especificações respectivas adotadas pela AGETOP.

4. EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado, serão função do tipo e dimensões preliminares a executar.

5. EXECUÇÃO

5.1. Preparo do Terreno

Antes de iniciar qualquer serviço correlacionado diretamente com a execução da obra de arte, deverá o Executante proceder à limpeza do terreno em toda a área a ser ocupada pela obra e pelas instalações necessárias à sua execução, retirando a vegetação existente e removendo os detritos e obstáculos encontrados no local para que não afete a segurança das instalações e da futura obra de arte.

5.2. Instalações

O Executante deverá providenciar instalações adequadas para alojamento de pessoal, depósito de materiais, preparo de fôrmas e armações, bem como para operação de equipamento necessário ao controle tecnológico a ser feito pela Fiscalização. Essas instalações, deverão ser executadas em compartimentos independentes e submetidos à aprovação da Fiscalização, quando concluídas.

5.3. Remoção de Obras de Arte ou Obstáculos

As obras de arte ou obstáculos que impeçam a boa execução dos serviços deverão ser removidos pelo Executante e o material resultante da demolição deverá ser transportado para locais em que não venham a causar danos futuros.

5.4. Locação da Obra

A Fiscalização fornecerá a locação geral da obra, compreendendo, o eixo longitudinal e as referências de nível. Ao Executante caberá a verificação sempre que possível, e a complementação da locação da obra.

6. CONTROLE

À Fiscalização compete exercer o controle dos serviços preliminares executados pelo Executante e estabelecer as tolerâncias que deverão ser admitidas para aceitação dos mesmos.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua

desfiguração.

- b) Não provocar queimadas, para desmatar áreas.
- c) As estradas de acesso devem seguir as especificações próprias para caminhos de serviços.
- d) Não devem ser realizadas barragens ou desvios de curso d'água que alterem em definitivo o seu leito.
- e) Somente será autorizada a utilização de madeiras beneficiadas e munidas da respectiva licença ambiental. O material de escoramento e cimbramento será obrigatoriamente removido, não se permitindo que seja lançado no curso d'água ou queimado.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os Serviços Preliminares serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE OBRAS DE ARTE DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Os Bueiros de grotas conduzem os cursos d'água de um lado ao outro do Corpo Estradal. Dependendo da vazão do curso d'água estes bueiros podem ser Tubulares de Concreto ou Metálicos, até estruturas de concreto armado conhecidos como Bueiros Celulares.

1.2 Para vazões que possam ser atendidas por Bueiros Tubulares a execução destas obras estão regidas pelo AGETOP-ES-D 05/01.

1.3 A execução de Bueiros Celulares, requer uma especial atenção para a regularização da fundação e no caso de cursos perenes para o desvio do curso d'água.

2. DEFINIÇÃO

Bueiros de Grotas são estruturas que permitem a transposição de cursos d'água, sob o corpo estradal sem risco de interdição, atendido o cálculo de vazão previsto para o talvegue.

3. MATERIAIS

Todos os materiais utilizados deverão atender integralmente às especificações correspondentes adotadas pela AGETOP a saber:

- Cimento: “Recebimento e Aceitação de Cimento Portland Comum e de Portland de Alto Forno”.
- Agregado Miúdo: “Agregado Miúdo para Concreto de Cimento”.
- Agregado Graúdo: “Agregado Graúdo para Concreto de Cimento”.
- Água: “Água para Concreto”.
- Fôrmas: “Fôrmas e Cimbres”.

O Concreto utilizado no corpo e nas bocas deverá ser dosado experimentalmente para uma resistência característica à compressão (f_{ck}) mín. aos 28 dias de 15 MPa, devendo ser preparado de acordo com o prescrito nas normas NBR 6118 e NBR 7187.

Como leito de assentamento do corpo do bueiro celular e da laje de entre-alas será utilizado um lastro de concreto magro.

Para revestimento da laje de fundo do corpo e de entre-alas será utilizada argamassa cimento-areia, traço 1:3.

O aço utilizado nas armaduras será de classe CA-50 A ou CA-50 B.

4. EXECUÇÃO

As etapas executivas a serem atendidas na construção dos bueiros celulares de concreto são as seguintes:

4.1. Locação

A execução dos bueiros celulares deverá ser precedida da locação da obra, de acordo com os elementos de projeto.

A locação será efetuada mediante a implantação de piquetes a cada 5m do nivelamento dos mesmos, de modo que seja possível a determinação dos volumes de escavação.

Os elementos de projeto, tais como estaca, esconsidade, comprimentos e cotas poderão sofrer pequenos ajustamentos nesta fase. A declividade longitudinal da obra deverá ser contínua.

4.2. Escavação

Os serviços de escavação das trincheiras necessárias à execução da obra, poderão ser executadas manual ou mecanicamente, em uma largura de 50cm superior à do corpo, para cada lado. Onde houver necessidade de execução de aterros para se atingir a cota de execução do lastro, estes deverão ser executados e compactados em camadas de no máximo 15cm.

4.3. Lastro

Concluída a escavação das trincheiras, será efetuada a compactação da superfície resultante, e as irregularidades do terreno de fundação por material de maior resistência, apoio sobre estacas, etc.

4.4. Corpo

A execução do corpo dos bueiros celulares será feita segundo três etapas de concretagem, desenvolvidas a partir da parte inferior da obra:

- Primeira Etapa de Concretagem:

Serão instaladas as armaduras da laje inferior e as fôrmas das laterais, estas para dar apoio às armaduras laterais vinculadas. Segue-se a concretagem da laje de piso, até a cota superior das mísulas inferiores e a conseqüente vibração do concreto lançado.

- Segunda Etapa de Concretagem:

serão posicionadas as armaduras das paredes e as fôrmas laterais remanescentes. Segue-se a concretagem das paredes, até a cota inferior das mísulas superiores, e a conseqüente vibração do concreto lançado.

- Terceira Etapa de Concretagem:

Serão instaladas as fôrmas e as armaduras da laje superior, e em seguida lançado e vibrado o concreto necessário à complementação do corpo do bueiro celular.

4.5. Vigas das Cabeceiras:

Nas extremidades dos bueiros serão executadas as vigas de topo inferior e superior, simultaneamente com a primeira e terceira etapas de concretagem.

4.6. Juntas de Dilatação

Serão executadas juntas de dilatação a intervalos de no máximo 10m. Estas juntas serão executadas interrompendo-se dois “panos” anexos de concretagem, segundo uma transversal à obra, com uma peça de “madeirite” e uma placa de isopor, cada uma delas com espessura de 1cm. Concretado o 2º “pano” a peça de madeirite e o isopor serão retirados, e a junta será preenchida com mistura de cimento asfáltico e areia, vertida a quente. Opcionalmente poderá ser executada junta do tipo “fungenband” ou similar, que assegure a estanqueidade da obra.

4.7. Reaterro

Após concluída a execução do corpo do bueiro celular dever-se-á proceder à operação de reaterro. O material para o reaterro poderá ser o próprio escavado, se este for de boa qualidade, ou material especialmente selecionado. A compactação deste material deverá ser executada em camadas de no máximo 15cm, por meio de “sapos mecânicos” ou placas vibratórias. Deve-se tomar a precaução de compactar com o máximo cuidado junto às paredes do corpo do bueiro e de levar a compactação sempre ao mesmo nível, de cada lado da obra. Esta operação deverá prosseguir até se atingir uma espessura de 60cm acima da laje superior do corpo de bueiro, salvo para as obras em que sejam previstas a atuação direta do tráfego sobre a obra.

4.8. Boca

A confecção das bocas (cabeceiras) dos bueiros celulares será iniciada pela escavação das valas necessárias à execução da viga de topo frontal. Segue-se a instalação das fôrmas necessárias à concretagem desta viga e da própria soleira, a disposição das armaduras, o lançamento e a vibração do concreto. Nesta ocasião, deverão ser ainda posicionadas as armaduras das alas que se ligam à soleira, apoiadas em uma das fôrmas de cada ala.

Posteriormente, serão instaladas as fôrmas e armaduras remanescentes das alas, lançado e vibrado o concreto, concluindo-se a execução da boca.

4.9. Acabamento

Concluída a execução do corpo e das bocas, será efetuado o revestimento da laje de fundo do corpo e da soleira, utilizando-se argamassa cimento-areia, traço 1:3.

Após terminada a obra, todas as erosões encontradas deverão ser preenchidas com enrocamento de pedra jogada. As bocas deverão estar completamente desimpedidas de vegetação e outros detritos, e permitir perfeito escoamento às águas de entrada e saída.

5. CONTROLE

5.1. Controle Geométrico e de Acabamento

O controle geométrico consistirá na conferência, por métodos topográficos correntes, do alinhamento, esconsidades, declividades, dimensões internas, comprimentos e cotas dos bueiros executados e respectivas bocas.

As condições de acabamento serão apreciadas, pela Fiscalização, em bases visuais.

5.2. Controle Tecnológico

O controle tecnológico do concreto empregado nos berços e bocas será realizado pelo rompimento de corpos de prova à compressão simples, aos 7 dias de idade, de acordo com o prescrito na NBR 6118 da ABNT para controle sistemático. Para tal, deverá ser estabelecida, previamente, a relação experimental entre as resistências à compressão simples aos 28 e aos 7 dias.

As posições e bitolas das armaduras deverão ser conferidas antes da concretagem.

5.3. Aceitação

O serviço será aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- O acabamento seja julgado satisfatório;
- As características geométricas previstas tenham sido obedecidas, não sendo admitidas variações em qualquer dimensão superiores a 10%, para pontos isolados;
- A resistência à compressão simples estimada do concreto utilizado, definida na NBR 6118 da ABNT para controle sistemático, seja superior à resistência caracte-

rística especificada;

O não cumprimento do aqui estabelecido, a critério da fiscalização, será indicado um escritório de cálculo estrutural da obra que recomendará seu aproveitamento ou não. As características geométricas desde que não diminuam a seção de vazão estabelecida será aceita. Todas despesas decorrentes, serão imputadas ao construtor.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades dos dispositivos, evitando provocar o seu entupimento, cuidando-se ainda que este material não seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Nos pontos de deságüe dos dispositivos deverão ser executadas obras de proteção, de modo a não promover a erosão das vertentes ou assoreamento de cursos d'água.
- c) Em todos os locais onde ocorrerem escavações ou aterros necessários à implantação das obras deverão ser tomadas medidas que proporcionem a manutenção das condições locais, através de replantio da vegetação local ou grama;
- d) Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.
- e) Deverão ser evitados os lançamentos de materiais de escavação que possam afetar o sistema de drenagem superficial.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os Bueiros de Grotas serão medidos e pagos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE OBRAS-DE-ARTE DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Todo concreto tem que ser dosado de acordo com as normas brasileiras da ABNT, tendo em vista sua aplicação e controle tecnológico. Especial atenção deve ser dada aos agregados e ao fator água cimento; que é intimamente ligado a resistência e trabalhabilidade da massa.

2. DEFINIÇÃO

Concreto e Argamassa são misturas em proporções prefixadas de um aglutinante – Cimento Portland – com água e agregado, de tal modo que venha formar uma massa homogênea e de consistência mais ou menos plástica e que endureça com o tempo.

3. MATERIAIS

3.1. Cimento

Não havendo indicação em contrário, o cimento a empregar será o Portland comum ou de alto forno, devendo satisfazer às prescrições das NBR 5732 e NBR 5735 da ABNT. Caberá à Fiscalização aprovar o cimento a ser empregado, podendo exigir a apresentação de certificado de qualidade, quando julgar necessário. Todo cimento deverá ser entregue no local da obra, em sua embalagem original. O cimento deverá ser armazenado em local seco e abrigado, por tempo e forma de empilhamento que não comprometam a sua qualidade. Será permitido o uso de cimento a granel, desde que, em cada silo, seja depositado cimento de uma única procedência. O cimento, em silo, só poderá ficar armazenado por período tal que não venha a comprometer a sua qualidade.

3.2. Agregados

Os agregados para a confecção de concreto ou argamassa deverão ser materiais resistentes e inertes, de acordo com as definições abaixo. Deverão ser armazenados separadamente, isolados do terreno natural por assoalho de madeira ou camada de concreto de cimento.

3.2.1 Agregado Miúdo

O agregado miúdo é a areia natural quartzosa de diâmetro menor ou igual a 4,8mm. Deve ser limpo e não apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica, etc. obedecendo ao prescrito na Especificação Pertinente.

Somente mediante autorização da Fiscalização, poderão ser empregadas areias artificiais provenientes de rocha sadia.

3.2.2 Agregado Graúdo

Consistirá de pedra britada, seixo rolado britado ou não, de diâmetro máximo superior a 4,8mm e inferior a 75mm isento de partículas aderentes, e não podendo apresentar substâncias nocivas, como torrões de argila, matéria orgânica, etc., obedecendo ao prescrito na Especificação Pertinente.

O agregado graúdo será constituído pela mistura de partículas de diversos diâmetros, em proporções convenientes, de acordo com os traços indicados.

3.2.3 Pedra-de-mão

A pedra-de-mão para concreto ciclópico, de granito ou outra rocha estável, deverá ter qualidade idêntica à exigida para a pedra britada a ser empregada na confecção do concreto.

Deverá ser limpa e isenta de incrustações nocivas e sua máxima dimensão não será inferior a 30 centímetros, nem superior a 2/3 da dimensão mínima do elemento a ser construído.

3.3. Água

A água para preparação dos concretos e argamassas deverá ser razoavelmente clara e isenta de óleos, ácidos, álcalis, matéria orgânica, etc., e obedecer à Especificação Pertinente.

3.4. Aditivos

O uso de aditivos, dispersantes, arejadores, aceleradores, retardadores de pega, etc., só será permitido mediante autorização expressa da Fiscalização.

4. EQUIPAMENTO

Será obrigatório o uso de betoneira.

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado dependerão do tipo e dimensões do serviço a executar. O Executante deverá apresentar a relação detalhada do equipamento a ser empregado na obra, para apreciação e aprovação da Fiscalização, caso o mesmo não seja indicado no projeto, no contrato ou em outro documento relacionado com a execução da obra.

5. EXECUÇÃO

As etapas a serem atendidas na elaboração do concreto e argamassas são as seguintes:

5.1. Concreto

5.1.1 Dosagem

O concreto consistirá na mistura de cimento Portland, agregados e água.

O concreto para fins estruturais deverá ser dosado racionalmente a partir da tensão de ruptura estabelecida no projeto, do tipo de controle do concreto e das características físicas dos materiais componentes. O Executante não poderá alterar essa dosagem sem autorização expressa da Fiscalização, devendo adotar as medidas necessárias à sua manutenção.

Serão consideradas também, na dosagem dos concretos, condições peculiares, como impermeabilização, resistência ao desgaste, ação de águas agressivas, aspectos das superfícies,

condições de colocação, etc.

O concreto para outros fins que não o estrutural, ou que não se destine a um emprego que requeira características especiais, poderá ser dosado empiricamente, devendo, neste caso, satisfazer às exigências da NBR 6118, da ABNT.

A operação de medida dos materiais componentes do traço deverá, sempre que possível, ser realizada “em peso”, em instalações gravimétricas, automáticas ou de comando manual, prévia e corretamente aferidas.

Quando a dosagem do concreto for por processo volumétrico, deverão ser empregados caixotes de madeira ou de metal, de dimensões corretas, indeformáveis pelo uso, e corretamente identificados em obediência ao traço fixado.

Quando da operação de enchimento dos caixotes, o material não poderá ultrapassar o plano da borda, não sendo permitido, em hipótese alguma, a Formação de abaulamentos, para o que deverá ser procedido sistematicamente o arrasamento das superfícies finais.

Atenção especial deverá ser dada à medição da água de amassamento, devendo ser previsto dispositivo de medida capaz de garantir a medição do volume da água com um erro inferior a 3% do fixado na dosagem.

5.1.2 Preparo

O concreto poderá ser preparado no local da obra ou recebido pronto para emprego imediato, quando preparado em outro local, e transportado.

O preparo do concreto no local da obra deverá ser feito em betoneira de tipo e capacidade aprovados pela Fiscalização e somente será permitida a mistura manual em casos de emergência, com a devida autorização da Fiscalização, desde que seja enriquecida a mistura, com pelo menos 10% do cimento previsto no traço adotado. Em hipótese alguma a quantidade total de água de amassamento será superior à prevista na dosagem, havendo sempre um valor fixo para o fator água/cimento.

Os materiais serão colocados no tambor de modo que uma parte da água de amassamento seja admitida antes dos materiais secos; a ordem de entrada na betoneira será: parte do agregado graúdo, cimento, areia, e o restante da água de amassamento e, finalmente, o restante do agregado graúdo. Os aditivos deverão ser adicionados à água em quantidades certas, antes do seu lançamento no tambor, salvo recomendação de outro procedimento, pela Fiscalização.

O tempo de mistura, contado a partir do instante em que todos os materiais tiverem sido colocados na betoneira, dependerá do tipo da betoneira e não deverá ser inferior a:

- Para betoneiras de eixo vertical 1 minuto
- Para betoneiras basculantes 2 minutos
- Para betoneiras de eixo horizontal 1,5 minutos

A mistura volumétrica do concreto deverá ser sempre preparada para uma quantidade inteira de sacos de cimento. Os sacos de cimento que, por qualquer razão, tenham sido parcialmente usados, ou que contenham cimento endurecido, serão rejeitados. O uso de cimento proveniente de sacos usados ou rejeitados não será permitido.

Todos os dispositivos, destinados à medição para preparo do concreto deverão estar sujeitos à aprovação da Fiscalização.

Quando a mistura for feita em central de concreto, situada fora do local da obra, a betoneira e os métodos usados deverão estar de acordo com os requisitos deste item.

O concreto deverá ser preparado somente nas quantidades destinadas ao uso imediato. O concreto que estiver parcialmente endurecido não deverá ser remisturado.

5.1.3 Transporte

Quando a mistura for preparada fora do local da obra, o concreto deverá ser transportado para o canteiro de serviço em caminhões apropriados, dotados de betoneiras. O fornecimento do concreto deverá ser regulado de modo a que a concretagem seja feita continuamente, a não ser quando retardada pelas operações próprias da concretagem. Os intervalos entre as entregas deverão ser tais que não permitam o endurecimento parcial do concreto já colocado e em caso

algum deverão exceder 30 minutos.

A menos que de outro modo, autorizado por escrito, pela Fiscalização, o caminhão misturador dotado de betoneira deverá ser equipado com tambor giratório, impermeável, e ser capaz de transportar e descarregar o concreto sem que haja segregação. A velocidade do tambor giratório não deverá ser menor que duas nem maior que seis rotações por minuto.

O volume do concreto não deverá exceder à indicação do fabricante ou aos 80% da capacidade do tambor.

O intervalo entre a colocação de água no tambor e a descarga final do concreto da betoneira não deverá exceder de meia hora. Durante este intervalo, a mistura deverá ser removida, de modo contínuo, uma vez que não será permitido o concreto permanecer em repouso, antes de seu lançamento por tempo superior a trinta minutos.

As carrocerias dos caminhões transportadores deverão ser lisas, metálicas e equipadas com comportas que permitam o controle da descarga do concreto sem provocar segregação.

Deverão ser providenciadas capas de proteção para abrigar o concreto durante o transporte, quando se fizer necessário.

O caminhão transportador deverá permitir a entrega de concreto, no canteiro de serviço, completamente misturado e uniforme.

Nos casos de transporte em caminhão-betoneira, admite-se um tempo máximo de transporte de cinquenta minutos.

5.1.4 Lançamento

O lançamento do concreto só poderá ser iniciado após o conhecimento dos resultados dos ensaios, mediante autorização da Fiscalização. Para isso será necessário, também verificar se a armadura está montada na posição exata, se as fôrmas, quando de madeira, foram

suficientemente molhadas, e se, de seu interior, foram removidos os cavacos de madeira, serragem e demais resíduos das operações de carpintaria.

O lançamento do concreto de uma altura superior a dois metros, bem como o acúmulo de grande quantidade em um ponto qualquer e o seu posterior deslocamento, ao longo das Fôrmas, não serão permitidos.

Calhas, tubos ou canaletas poderão ser usados como auxiliares no lançamento do concreto. Deverão estar dispostos e ser usados de modo que eles próprios não provoquem segregação do concreto.

Todas as calhas, canaletas e tubulações deverão ser mantidas limpas e isentas de camada de concreto endurecido, devendo ser preferencialmente feitas ou revestidas com chapas metálicas.

O lançamento do concreto sob água deverá ser realizado com supervisão direta da Fiscalização e somente deverá ser empregado concreto cuja tensão de ruptura à compressão não seja inferior a 30 MPa com 20% de excesso de cimento. Para evitar segregação, o concreto será cuidadosamente colocado em sua posição final, em massa compacta, por meio de um funil ou de uma caçamba fechada, de fundo móvel, ou, por outros meios aprovados, e não deve ser perturbado depois de ter sido depositado.

Cuidados especiais deverão ser tomados para manter a água parada no local do lançamento. O concreto não deverá ser colocado diretamente em contato com água corrente. O método de lançar o concreto deverá ser regulado de modo a que sejam obtidas camadas aproximadamente horizontais.

Quando for usado um funil, este deverá consistir de um tubo de mais de 25 centímetros de diâmetro, construído em seções acopladas umas às outras, por flanges providos de graxetas. O modo de apoiar o funil deverá permitir movimentos livres da extremidade de descarga e seu rebaixamento rápido, quando necessário, para estrangular ou retardar o fluxo. O funil deverá ser enchido por um método que evite a lavagem do concreto. O fluxo de concreto deverá ser contínuo até o término do trabalho.

5.1.5 Adensamento de Concreto

O concreto deverá ser bem adensado dentro das fôrmas, mecanicamente, usando-se para isso vibradores de tipo e tamanho aprovados pela Fiscalização, com uma frequência mínima de 3.000 impulsos por minuto. Somente será permitido o adensamento manual em caso de interrupção no fornecimento de força motriz aos aparelhos mecânicos empregados, e por período de tempo mínimo indispensável ao término da moldagem da peça em execução, devendo-se, para este fim, elevar o consumo de cimento de 10%, sem que seja acrescida a quantidade de água de amassamento.

Para a concretagem de elementos estruturais, serão empregados, preferivelmente, vibradores de imersão com diâmetro da agulha vibratória adequado às dimensões da peça, ao espalhamento e à densidade de ferros da armadura metálica, a fim de permitir a sua ação em toda a massa a vibrar, sem provocar por penetração forçada, o afastamento das barras de suas posições corretas.

A posição correta de emprego de vibradores de imersão é a vertical, devendo ser evitado seu contato demorado com as paredes das Fôrmas ou com as barras da armadura, assim como sua permanência demasiada em um mesmo ponto, o que poderá causar refluxo excessivo da pasta em torno da agulha.

O afastamento de dois pontos contíguos de imersão do vibrador, deverá ser de no mínimo 30cm. Na concretagem de lajes e placas de piso ou peças de pouca espessura e altas, o emprego de placas vibratórias é considerado obrigatório.

A consistência dos concretos deverá satisfazer às condições de adensamento com a vibração e à trabalhabilidade exigida pelas peças a moldar.

5.1.6 Cura e Proteção

O concreto a fim de atingir sua resistência total, deverá ser curado e protegido eficientemente contra o sol, vento e chuva. A cura deve continuar durante um período mínimo de 7 dias após o lançamento, caso não existam indicações em contrário. Para o concreto protendido, a

cura deverá prosseguir até que todos os cabos estejam protendidos. Sendo usado cimento de alta resistência inicial, esse período pode ser reduzido.

A água para a cura deverá ser da mesma qualidade da usada para a mistura do concreto. A cura por membrana, pode ser aplicada desde que previamente aprovada pela Fiscalização.

5.1.7 Concreto Ciclópico

Onde for necessário o emprego de concreto ciclópico, deverá ser adicionado a um concreto preparado como antes descrito, um volume de 30% de pedras de mão.

Nenhum concreto a ser empregado em concreto ciclópico deverá ter tensão de ruptura à compressão inferior a 11 MPa.

As pedras de mão deverão ser distribuídas de modo que sejam completamente envolvidas pelo concreto, não tenham contato com pedras adjacentes e não possibilitem a formação de vazios. Deverão ficar no mínimo, 5cm afastadas das fôrmas.

5.2. Argamassa

Salvo autorização em contrário dada pela Fiscalização, as argamassas deverão ser preparadas em betoneira. Sendo permitida a mistura manual, a areia e o cimento deverão ser misturados a seco até a obtenção de mistura com coloração uniforme, quando então será adicionada a água necessária a obtenção da argamassa de boa consistência de modo a permitir o manuseio e espalhamento fáceis com a colher de pedreiro. A argamassa que não tiver sido empregada dentro de 45 minutos após a sua preparação, será rejeitada não sendo permitido o seu aproveitamento, mesmo que a ela seja adicionado mais cimento.

As argamassas destinadas ao nivelamento das faces superiores dos pilares e preparo do berço dos aparelhos de apoio serão de cimento e areia, com resistência aos 28 dias de 23 MPa.

Para as alvenarias de pedra, as argamassas terão o traço em peso, de cimento e areia de 1:3.

6. CONTROLE

6.1. Concreto

Para garantia da qualidade do concreto a ser empregado na obra, deverão ser efetuados, inicialmente, ensaios de caracterização dos materiais.

Os ensaios de cimento deverão ser feitos em laboratório, obedecendo ao que preceituam as NBR 7215 e NBR 5740 da ABNT. Quando existir garantia de homogeneidade de produção para determinada marca de cimento (certificados de produção emitidos por laboratório ou marca de conformidade da ABNT), não será necessária a realização freqüente de ensaios de cimento.

Quando for conveniente o emprego de cimento de outra qualidade, que não o Portland comum, deverá haver autorização expressa da Fiscalização, devendo o material empregado atender às prescrições da ABNT.

Em cada 50 sacos de uma partida de cimento, deverá ser pesado um para verificação de peso. Caso seja encontrado saco com peso inferior a 98% do indicado no saco, todos os demais deverão ser pesados, a fim de que sejam corrigidos os seus pesos antes de seu emprego.

Os agregados miúdo e graúdo deverão obedecer respectivamente ao prescrito nas Especificações Pertinentes.

O controle de água se faz também necessário desde que apresente aspecto ou procedência duvidosa, conforme preceitua a NB-1, da ABNT.

A dosagem racional deverá ser feita em Laboratório tecnológico, por método baseado na relação água/cimento, mediante conhecimento prévio da Fiscalização.

O controle de qualidade do concreto deverá ser feito em três fases, a saber:

6.1.1 Controle de Execução

Tem a finalidade de assegurar durante a execução do concreto, o cumprimento dos valores fixados na dosagem, sendo para isto, indispensável o controle gravimétrico do traço, da umidade dos agregados, da composição granulométrica dos agregados e do consumo de cimento, para a introdução das correções que se fizerem necessárias à manutenção da dosagem recomendada.

A frequência das operações de controle acima indicadas é função do tipo da obra e do volume de concreto a executar; deverá ficar a critério da Fiscalização, e ser capaz de assegurar a continuidade da qualidade exigida.

6.1.2 Controle de verificação de resistência mecânica

Tem por finalidade verificar se o concreto foi convenientemente dosado de modo a assegurar a tensão mínima de ruptura fixada no cálculo. Este controle será feito pela ruptura de corpos de prova cilíndricos de concreto, de acordo com os métodos aprovados pela AGETOP.

O número de corpos de prova a serem moldados nunca será inferior a 4 para cada trinta metros cúbicos de concreto. Deverão, também, ser moldados pelo menos 4 corpos de prova sempre que houver modificação do traço ou do tipo de agregado.

6.1.3 Controle estatístico dos resultados

Com os resultados obtidos de pelo menos 16 ensaios, ou seja, 32 corpos de prova, procede-se à determinação do coeficiente de variação do canteiro de serviço.

O traçado do gráfico de controle dos resultados permitirá uma visão de conjunto dos valores obtidos e a observação das dispersões que ocorrem na qualidade da execução do concreto.

Para fins de classificação do tipo de canteiro de serviço que o Executante estiver mantendo na obra, deverá ser empregado o seguinte critério:

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	CONTROLE DE EXECUÇÃO
≤ 10	Excelente
10 a 15	Bom
15 a 20	Regular
> 20	Fraco

Com os valores de coeficiente de variação do canteiro de serviço, diretamente determinados, e da tensão de ruptura fixada no cálculo, determina-se a tensão de dosagem apropriada e procede-se ao ajustamento dos traços empregados, ficando a critério da Fiscalização a necessidade ou não de serem feitos novos estudos de dosagem racional.

A frequência do controle estatístico deverá ser determinada pela Fiscalização.

6.2. Concreto Ciclópico

O concreto a ser empregado em concreto ciclópico deverá ser submetido a controle especificado no item 5.1.

6.3. Argamassa

As argamassas serão controladas pelos ensaios de qualidade da água e da areia.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) evitar a localização do canteiro de execução em área de preservação ambiental;
- b) não provocar queimadas como forma de desmatamento;
- c) as estradas de acesso deverão seguir as recomendações feitas para os caminhos de serviço;

- d) deverão ser construídas, junto às instalações de preparo do concreto (betoneira), bacias de sedimentação para retenção de resíduos eventualmente produzidos por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

8. MEDIÇÃO

Os serviços constantes desta Especificação serão medidos de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE OBRAS DE ARTE DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 As armaduras a serem empregadas deverão estar isentas de quaisquer materiais nocivos, antes e depois de colocados nas fôrmas. As armaduras deverão ser colocadas como indicadas no Projeto e mantidas em suas posições antes e durante a operação de concretagem.

1.2 As barras aparentes – ferros de espera – das juntas de construção deverão ser limpas e isentas de concreto endurecido, antes de ser dado prosseguimento à concretagem.

2. DEFINIÇÃO

Armaduras para concreto são barras de aço que imersas em massa de concreto de cimento Portland, formam peças que, de acordo com o Projeto, destinam-se a suportar carregamentos pré-estabelecidos dentro de deformações previstas. As armaduras aqui tratadas também são chamadas de armadura frouxa.

3. MATERIAIS

3.1. Aço para as Armaduras

A qualidade do aço a empregar, será a especificada no Projeto e deverá atender as prescrições da ABNT.

3.2. Solda para Emendas

O eletrodo será constituído de um metal de características idênticas às do metal da base. Deverá possuir revestimento básico, para opor tendência à fissuração a quente pela absorção do nitrogênio. Os eletrodos devem ser mantidos em lugar seco.

4. EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado, dependerão do tipo e dimensões de cada serviço a executar. Assim, o Executante apresentará a relação detalhada

do equipamento para cada obra, ou para um conjunto de obras.

5. EXECUÇÃO

5.1. Corte e Dobramento

O corte e dobramento das barras devem ser executados a frio, de acordo com os detalhes do projeto e as prescrições da ABNT.

5.2. Amarração

Os ferros colocados nas fôrmas deverão ser amarrados entre si por meio de arame preto n.º 18, ou por ponto de solda elétrica.

5.3. Soldagem

As barras poderão ser soldadas (soldas de topo) de acordo com as indicações do projeto. A operação de soldagem deverá respeitar o seguinte:

- a) Serão tomadas precauções para evitar o aquecimento excessivo durante a operação, a fim de impedir o aparecimento de compostos de têmpera frágil.
- b) As operações de soldagem serão constantemente supervisionadas pela Fiscalização.
- c) A emenda das barras de grande diâmetro será feita por solda em X e as extremidades das barras chanfradas a serra ou esmeril;
- d) A soldagem será realizada por etapas sucessivas, uma etapa não sendo feita antes que a precedente esteja completamente resfriada. Toda a operação será feita com arco curto, para evitar a absorção de nitrogênio.

5.4. Colocação

As armaduras deverão ser colocadas nas fôrmas, nas posições indicadas no projeto, sobre calços de argamassa de cimento e areia, pedaços de vergalhões ou ainda sobre peças especiais (caranguejos), quando for o caso, de modo a garantir os afastamentos necessários das fôrmas.

6. CONTROLE

6.1 Condições Gerais

Serão consideradas Armaduras para concreto armado, unicamente as que satisfizerem às NBR's da ABNT.

As barras não deverão apresentar defeitos prejudiciais, tais como: fissuras, esfoliações, bolhas, oxidação excessiva e corrosão.

Deverão ser rejeitadas as barras que não satisfizerem a esta Especificação. Se a porcentagem de barras defeituosas for elevada de modo a tornar praticamente impossível sua separação e rejeição, todo o fornecimento deverá ser rejeitado.

6.2. Tolerância

O diâmetro médio no caso de barras lisas de seção circular, poderá ser determinado com o auxílio de um paquímetro. No caso de barras com mossas ou saliências, ou de seção não circular, considera-se como diâmetro médio de seção transversal de uma barra de aço fictícia, de seção circular com peso por metro igual ao da barra examinada (peso específico de aço : 7,85 kgf/cm³).

O peso nominal das barras é o que corresponde a seu diâmetro nominal. O peso real das barras com diâmetro nominal igual ou superior a 10 milímetros, deve ser igual a seu peso nominal, com a tolerância de $\pm 6\%$. Para as barras com diâmetro inferior a 10 milímetros a tolerância é de $\pm 10\%$. Em cada fornecimento de barras, de mesma seção nominal deve ser verificado se são

respeitadas as tolerâncias indicadas.

6.3. Amostragem

Cabe ao comprador em cada fornecimento de barras de mesma seção nominal e da mesma categoria: verificar o peso do material fornecido e se são preenchidas as condições gerais do item 5.1, rejeitando as barras que não as preencham; repartir as barras não rejeitadas em lotes aproximadamente do mesmo peso, de acordo com o critério a seguir indicado, não se permitindo no entanto, menos de dois lotes; separar ao acaso, de cada lote uma barra, e providenciar a extração de uma das extremidades dessa barra, de um segmento com aproximadamente 2 metros de comprimento, o qual será considerado como amostra representativa do lote; efetuar a remessa dessa amostra devidamente autenticada, a um laboratório convenientemente aparelhado para execução dos ensaios de recebimento.

O peso de cada lote expresso em toneladas; será igual a $0,5 \cdot \emptyset$, sendo \emptyset o diâmetro nominal expresso em milímetros, arredondando-se esse peso para um número inteiro de toneladas. Quando um grupo de barras puder ser identificado como proveniente de uma única corrida de aço, o peso de cada lote poderá ser aumentado para o dobro desses valores.

6.4. Ensaaios

Cabe ao laboratório, recebida a amostra representativa do lote e verificada a sua autenticidade, submetê-la aos ensaios de tração e dobramento, obedecendo respectivamente as NBR 6152 e NBR 6153 da ABNT, utilizando-se corpos de prova constituídos por segmentos da barra, e tomando-se como área da seção transversal, no caso de barras com mossas ou saliências, a área da seção transversal de uma barra de aço fictícia, de seção circular, que tenha o mesmo peso por metro linear que a barra ensaiada. Ao comprador será fornecido pelo laboratório o certificado desses ensaios.

6.5. Aceitação ou rejeição do Lote

Ao comprador compete cotejar para cada lote do fornecimento, os resultados obtidos nos ensaios de recebimento, com as exigências desta Especificação. O lote será aceito caso todos os ensaios referentes à amostra sejam satisfatórios.

6.5.1 Critério da Contraprova

Caso um ou mais desses resultados não satisfaçam às referidas exigências, a barra da qual foi retirada a amostra é separada e rejeitada e são retiradas para contraprova, de duas outras barras do mesmo lote, novas amostras uma de cada barra, as quais serão submetidas aos ensaios a que se refere o item 5.4. O lote será aceito caso todos os resultados dos ensaios referentes às novas amostras sejam satisfatórios. O lote será rejeitado caso qualquer um desses novos resultados não satisfaça às referidas exigências.

Se mais de 20% dos lotes de um fornecimento tiverem de ser rejeitados, o comprador poderá rejeitar todo o fornecimento.

6.5.2 Critério Estatístico

Em casos especiais mediante acordo entre o comprador e o fornecedor, o critério de aceitação ou rejeição poderá ser o critério estatístico indicado neste item:

- peso de cada lote será igual ao dobro do valor indicado no item 5.2;
- De cada lote serão retirados pelo menos 5 amostras, provenientes de 5 barras escolhidas ao acaso;
- lote será aceito caso todos os ensaios referentes a essas 5 amostras forem satisfatórios;
- Caso um ou mais resultados do ensaio de tração não satisfaçam aos requisitos-mínimos exigidos por esta Especificação e se todos os ensaios de dobramento forem satisfatórios, serão retiradas outras 5 amostras do lote, para ensaio de tração;
- Para cada característica mecânica determinada nos dez ensaios de tração, assim realizados, será calculado o respectivo valor médio e o desvio padrão;
- Será considerado como valor mínimo da referida característica mecânica o valor médio diminuído de 1,65 vezes o desvio padrão.
- lote será aceito caso esse valor mínimo assim definido, seja superior ou igual ao mínimo exigido nesta Especificação; será rejeitado caso esse valor mínimo não satisfaça a essa exigência.

6.6. Condições Impostas

No ensaio de tração, a amostra deve apresentar tensão de escoamento e alongamento iguais ou superiores aos mínimos fixados no quadro seguinte para a categoria correspondente. A relação entre a tensão de ruptura e a tensão de escoamento, em cada amostra deverá ser pelo menos igual ao mínimo fixado nesse quadro.

No ensaio de dobramento com o cutelo, pino ou calço, indicado no quadro seguinte, para a categoria correspondente, a amostra deve suportar o dobramento de 180° sem ruptura ou fissuração.

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS EXIGÍVEIS DAS BARRAS DE AÇO DESTINADAS A ARMADURAS DE PEÇAS DE CONCRETO ARMADO.

C A T E G O R I A	ENSAIO DE TRAÇÃO			ENSAIO DE DOBRAMENTO		DISTINT. DA CATEGORIA
	Tensão de escoamento σ_e mínima kgf/mm^2	Tensão de Ruptura σ_r mínima kgf/mm^2	Alongamento em 10ϕ mínimo	Diâmetro do pino ou cutelo (ângulo de 180°)		Cor
				$\phi < 25\text{mm}$	$\phi \geq 25\text{mm}$	
CA-25	25	$1,5 \sigma_e$	18%	1 ϕ	2 ϕ	Cinzento
CA-40	40	$1,0 \sigma_e$	10%	3 ϕ	4 ϕ	Vermelho
CA-50	50	$1,0 \sigma_e$	8%	4 ϕ	5 ϕ	Branco
CA-60	60	$1,0 \sigma_e$	7%	5 ϕ	6 ϕ	Azul

ϕ - diâmetro da seção transversal de uma barra de aço fictícia, de seção circular, com peso por metro igual ao da barra ensaiada.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Retirar toda e qualquer sobra de material da área da obra.
- b) Não lançar em nenhuma hipótese estes materiais no solo ou na água.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

As Armaduras para Concreto serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE OBRAS DE ARTE DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 As peças em concreto de cimento Portland precisam ser moldadas, para isto, executam-se fôrmas que podem ser dos mais variados tipos de materiais, sendo as mais comuns aço e madeiras.

1.2 Em ambos tipos de materiais ou em qualquer outro tipo, a rigidez da Fôrma é fundamental para que não haja deformações nas dimensões da peça a ser moldada.

1.3 Algumas vezes, as peças a serem moldadas estão elevadas em relação ao terreno natural. Assim o conjunto fôrma e Cimbres – escoramento – deve ser rígido e sólido de modo a suportar sem deformações todas operações, desde a colocação de armadura até a concretagem. O bom acabamento das superfícies das fôrmas em contato com o concreto é fundamental.

2. DEFINIÇÃO

Fôrmas são moldes para execução de peças em concreto de cimento Portland. Os Cimbres são o conjunto molde – Fôrmas e suporte – escoramentos, usados nas peças em concreto de cimento Portland situados acima do terreno natural ou de fundação.

3. MATERIAIS

3.1 Fôrmas

As Fôrmas poderão ser de madeira ou metálicas, sem deformações, defeitos, irregularidades ou pontos frágeis, que possam vir a influir na fôrma, dimensão ou acabamento das peças de concreto a que sirvam de molde.

Revestimentos de chapas metálicas, ou chapas de madeira compensada à prova d'água, poderão ser adotados, objetivando o melhor aspecto das peças a serem moldadas.

3.2. Cimbres

O Cimbre das estruturas em execução deverá ser constituído de peças de madeira ou peças metálicas, sem deformações, defeitos, irregularidades ou pontos frágeis.

Em casos especiais, será exigido pela Fiscalização, projeto de cimbramento.

4. EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado dependerão do tipo e dimensão de cada serviço a executar. O Executante deverá apresentar a relação detalhada do equipamento a ser utilizado em cada obra, ou conjunto de obras.

5. EXECUÇÃO

5.1. Fôrmas

As Fôrmas deverão ser constituídas de modo que o concreto acabado tenha as fôrmas e as dimensões do projeto, esteja de acordo com alinhamento e cotas e apresente uma superfície lisa e uniforme. Deverão ser projetadas de modo que sua remoção não cause dano ao concreto e que comportem o efeito da vibração de adensamento e da carga do concreto.

As dimensões, nivelamento e verticalidade das Fôrmas, deverão ser verificados cuidadosamente. Deverão ser removidos do interior das Fôrmas todo pó de serra, aparas de madeira e outros restos de material. Em pilares, nos quais o fundo é de difícil limpeza, deve-se deixar aberturas provisórias para facilitar esta operação.

As juntas das Fôrmas deverão obrigatoriamente, ser vedadas, para evitar perda de argamassa do concreto ou de água.

Nas Fôrmas para superfícies à vista, o material deve ser madeira compensada, chapas de aço ou tábuas revestidas com lâminas de compensado ou folhas metálicas. Para superfícies que não fiquem aparentes, o material utilizado pode ser a madeira comumente usada em construções (tábuas de pinho do Paraná de 3ª, por exemplo).

Antes da concretagem, as Fôrmas deverão ser abundantemente molhadas.

Salvo indicação em contrário, todos os cantos externos e bordas aparentes, das peças a moldar deverão ser chanfrados, por meio da colocação de uma tira de madeira na Fôrma. Essa tira deverá ter, em seção transversal, o formato de um triângulo retângulo isóceles, cujos lados iguais devem medir 2 centímetros. Nas Fôrmas das estacas pré-moldadas é obrigatório o emprego de chanfros, desde que sua seção transversal seja um quadrilátero.

As uniões das tábuas, folhas de compensado ou chapas metálicas, deverão ter juntas de topo e repousar sobre nervuras ou presilhas suportadas pelas vigas de contraventamento.

As braçadeiras de aço para as Fôrmas, deverão ser construídas e aplicadas de modo a permitir a sua retirada sem danificar o concreto.

5.2. Cimbres

O cimbramento deverá ser projetado e construído de modo que receba todos os esforços atuantes sem sofrer deformações. Para isto, deverão ser evitados apoios em elementos sujeitos à flexão, bem como adotados contraventamentos para obtenção da rigidez necessária.

Quando o terreno natural for rochoso ou mesmo de uma boa consistência, sem ser suscetível à erosão ou ao desmoronamento, o cimbramento poderá apoiar-se diretamente sobre o mesmo no caso de rocha, ou sobre pranchões dispostos horizontalmente, no outro caso.

Caso o terreno natural não tenha a capacidade de suporte necessária, deverão ser cravadas estacas para apoio do cimbramento.

6. CONTROLE

O controle dos serviços de execução de Fôrmas e Cimbres, assim como o estabelecimento das tolerâncias a serem admitidas, caberá à Fiscalização, objetivando a boa técnica e a perfeição dos serviços.

A critério da Fiscalização o controle das deformações verticais do Cembre, no decorrer da concretagem deverá ser feito com a instalação de defletômetros, ou com nível de precisão, para que se possa reforçá-lo em tempo hábil, em caso de uma deformação imprevista.

Serão consideradas aceitas as Fôrmas e Cimbres dentro das especificações fornecidas pela Fiscalização e que apresente rigidez suficiente para não se deformarem quando submetida às cargas.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Somente será autorizada a utilização de madeiras beneficiadas e munidas da respectiva licença ambiental. O material de escoramento e cimbramento será obrigatoriamente removido, não se permitindo que seja lançado no curso d'água ou queimado.
- b) Em nenhuma hipótese será permitido a utilização de madeira retirada da área ou vizinhanças.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

As Fôrmas e Cimbres serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE OBRAS DE ARTE DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 A Especificação de Serviço sobre Estruturas de Concreto Armado, trata de promover uma visão dos serviços auxiliares necessários a execução da Estrutura.

1.2 Deste modo, a aceitação da Estrutura se faz mais pela aceitação dos Serviços Auxiliares. Esta aceitação é complementada obrigatoriamente pela aceitação da Estrutura como um todo.

1.3 Antes da execução da Estrutura, a mesma deverá ser locada, as ferragens assentadas, as fôrmas rigidamente apoiadas de modo a não surgirem deformações que possam prejudicar sua aceitação.

1.4 A Estrutura deverá ser bem detalhada em função do seu nível de emprego, plantas de ferragens, planos de cimbramento e de desforma e de concretagem.

2. DEFINIÇÃO

Estruturas de concreto armado, são peças ou conjunto de peças cuja massa se compõe de uma mistura dosada de cimento Portland, agregados e água, sendo disposto em seu interior barras de ferro de modo a aumentar a resistência a esforços de tração.

3. MATERIAL

3.1. Fôrmas

Deverão atender ao prescrito na Especificação AGETOP-ES-OA 05/01.

3.2. Cimbres

Deverão atender ao prescrito na Especificação AGETOP-ES-OA 05/01.

3.3. Armaduras Metálicas

Deverão atender ao prescrito na Especificação AGETOP-ES-OA 04/01.

3.4. Concretos

Deverão atender à Especificação AGETOP-ES-OA 03/01.

3.5. Juntas Estruturais

Os materiais a serem empregados nas juntas estruturais deverão atender integralmente às indicações do projeto.

3.6. Sobrelaje

Quando a Estrutura tiver sua parte superior sob ação direta do tráfego, será executada uma sobrelaje, concreto simples com tensão de ruptura à compressão de 27 MPa e poderá ainda ser executada em concreto asfáltico, a critério da AGETOP.

4. EQUIPAMENTO

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado, dependerão do tipo e dimensões do serviço a executar. Assim o Executante apresentará a relação detalhada do equipamento a ser empregado em cada obra ou em um conjunto de obras.

5. EXECUÇÃO

5.1. Fôrmas e Cimbres

Deverão atender ao prescrito na Especificação AGETOP-ES-OA 05/01.

Nas obras onde a deformação das peças de concreto se fará sentir de modo acentuado, deverão ser previstas no cimbramento, contraflechas, cujos valores constarão no projeto estrutural.

As Fôrmas e cimbramentos só poderão ser retirados quando, a critério da Fiscalização, já se achar o concreto suficientemente endurecido para resistir às cargas que sobre ele atuam. Todavia, tais prazos não deverão ser inferiores a 3 dias, para a retirada das Fôrmas laterais, a 14 dias para a retirada das Fôrmas inferiores, permanecendo os pontaletes bem encunhados e convenientemente espaçados, e 21 dias para a retirada total das Fôrmas e pontaletes. Estes prazos poderão ser reduzidos conforme preconiza o item 89, da NBR 5732 da ABNT, ou quando a critério da Fiscalização forem adotados concretos com cimento de alta resistência inicial ou com aditivos aceleradores de endurecimento.

A retirada das Fôrmas e do cimbramento deverá ser efetuada sem choques e obedecer a um programa elaborado de acordo com o tipo da estrutura.

Nenhuma obra será aceita pela Fiscalização, se não tiverem sido retiradas todas as Fôrmas e todo o cimbramento.

5.2. Concretos

Os concretos empregados em Estruturas de Concreto Armado deverão atender ao prescrito na Especificação AGETOP-ES-OA 03/01.

Onde houver grande densidade de barras de aço da armadura, deve ser preparado um concreto, cujo, diâmetro máximo do agregado graúdo seja inferior ao espaçamento das barras, atendendo à resistência estabelecida no projeto.

Em peças delgadas, onde não haja possibilidade de introdução de vibrador de agulha, deverá ser usado vibrador de placa.

As imperfeições de concretagem só poderão ser corrigidas após a vistoria da Fiscalização, que deverá recomendar para cada caso uma solução adequada a adotar.

Após a retirada das Fôrmas, todos os dispositivos empregados aparentes na face do concreto, tais como vergalhões de travamento e pregos, serão cortados a uma distância de pelo menos 5 milímetros da face do concreto, e preenchidos os orifícios com argamassa forte de cimento e areia.

5.3. Juntas Estruturais

As juntas da estrutura serão garantidas por madeira mole, neoprene ou outro material especificado em projeto.

5.4. Juntas de Pavimentação

As juntas da estrutura com o pavimento serão garantidas pela fixação de cantoneiras metálicas, detalhadas em projeto. Sua colocação deverá preceder à concretagem do pavimento, onde deverão ficar devidamente fixadas.

Nas juntas da pavimentação, deverão ser empregados os materiais indicados no projeto.

5.5. Acabamento

Todas as superfícies do concreto deverão ter um acabamento comum, isto é, serão argamassadas todas as imperfeições do concreto verificadas após a retirada das Fôrmas. As superfícies deverão apresentar-se lisas e uniformes, sem “ninhos” ou saliências.

Um acabamento especial poderá ser dado às Estruturas de Concreto Armado. Para isto, é necessário que haja detalhes suficientes no projeto.

Após a concretagem da laje estrutural, e ainda dentro do seu período de cura, deverá ser executada a camada de concreto do pavimento com a espessura indicada no projeto. O concreto a empregar deverá ter uma tensão de ruptura à compressão, da ordem de 27 MPa e será lançado sobre a laje estrutural, limpa de impurezas, seca e varrida com escova de aço. A laje deverá apresentar-se bastante áspera e ser previamente salpicada com cimento em pó em quantidade suficiente para cobri-la e garantir uma perfeita aderência dos dois concretos.

O concreto do pavimento deverá apresentar juntas de retração nos pontos indicados pelo projeto.

5.6. Pintura

As superfícies aparentes de concreto deverão ser pintadas com duas demãos de aguada forte de cimento, após vistoria procedida pela Fiscalização.

6. CONTROLE

Além dos controles já estabelecidos para os serviços e materiais que integram a Estrutura, e para que sejam garantidas as cotas determinadas no projeto, deverão ser instalados defletômetros sob a superestrutura, em quantidade suficiente para que sejam controladas as deformações da mesma no decorrer da concretagem.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Todo material excedente de escavação ou sobras deverá ser removido das proximidades das obras de arte, evitando que este material seja conduzido para os cursos d'água, de modo a não causar seu assoreamento.
- b) Especial atenção deverá ser dada a manutenção da estabilidade dos taludes de encontro das pontes, impedindo-se que ocorram escorregamentos ou desagregação dos taludes;
- c) Durante o desenvolvimento das obras deverá ser evitado o tráfego desnecessário de equipamentos ou veículos por terrenos naturais de modo a evitar a sua desfiguração.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

As Estruturas de Concreto Armado serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTOS DE SERVIÇOS DE OBRAS DE ARTE DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

**OBRAS
COMPLEMENTARES**

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 As cercas, utilizadas na vedação da faixa de domínio, objetivam evitar o acesso de animais, cujo porte ameacem a segurança do usuário e preservar os limites da propriedade da AGETOP.

1.2 A escolha, entre concreto e madeira, dos mourões de suporte (espaçadores) e dos esticadores, deve levar em consideração a facilidade de obtenção e manutenção (deteriorização e incêndios) dos mesmos.

1.3 As cercas devem ser executadas ao longo de toda a Rodovia, exceto nos pontos onde sua falta não comprometa seus objetivos, tais como, grandes cursos d'água, cruzamento com outras rodovias.

1.4 O acesso as propriedades lindeiras se fará através de porteiros em madeira de lei ou “mata burros”, executados de acordo com projetos específicos.

2. DEFINIÇÃO

Cercas são dispositivos de vedação da faixa de domínio constituídas de mourões de suportes e esticadores, nos quais estão fixados quatro fios de arame farpado.

3. MATERIAIS

3.1. Mourões de Madeira

As madeiras destinadas aos mourões de suporte e esticadores deverão ser de lei, recebendo tratamento preservativo na base, com óleo de creosoto, até 0,70m, ou eucalipto imunizado em autoclave por preservativo hidrossolúvel, de acordo com a Especificação de mourões de eucalipto preservado para cercas.

Os mourões deverão ser chanfrados no topo e aparados na base, serem isentos de fendas, retos e não apresentarem outros defeitos que os inabilitem para a função.

Os mourões de suporte deverão apresentar diâmetro médio de 0,10m e comprimento de 2,20m.

Os mourões esticadores deverão apresentar diâmetro médio de 0,15m e comprimento de 2,80m.

3.2. Mourões de Concreto Armado

Serão prismas de seção triangular equilátera, de concreto armado, executados com concreto fck 28 = 30 MPa.

Os mourões deverão ter ranhuras horizontais de 1 cm de largura, na face de contato com os fios de arame farpado, separadas de 0,40m, a partir de 0,10m da extremidade superior.

Os mourões de suporte terão 9cm de lado e 2,20m de altura e serão armados longitudinalmente com três vergalhões de aço CA-25 com Ø 4,8mm, dispostos junto aos vértices da seção transversal, com estribos, cada 0,30 m, de arame liso n.º 14.

Os mourões esticadores terão 15cm de lado e 2,20m de altura, e serão armados longitudinalmente com quatro vergalhões de Ø 6,4mm, dispostos junto aos vértices da seção transversal, com estribos Ø 4,8mm, cada 30cm.

3.3. Fios de Arame Farpado

Deverão atender às exigências da Especificação de Arame Farpado de Aço Zincado.

4. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos a serem utilizados usualmente são ferramentas manuais tais como:

- moto serra
- enxades
- trados
- alavancas
- martelos, etc.

Dependendo da densidade da vegetação, pode-se empregar tratores para o desmatamento, destocamento e limpeza da faixa de implantação da cerca. Podem ser também utilizados trados mecanizados, ou acoplados em tratores agrícolas para a escavação necessária à implantação dos mourões.

5. EXECUÇÃO

5.1. Limpeza da Faixa de Implantação da Cerca

Antes da implantação de cercas, deverá ser feita a limpeza de uma faixa de 2,00m de largura, para possibilitar a execução e conservação da cerca, bem como, a proteção contra o fogo. A limpeza consistirá em desmatamento e destocamento, com a finalidade de deixar a faixa de implantação isenta de qualquer vegetal.

5.2. Cercas de Madeira

Os mourões deverão ser bem alinhados e aprumados e o reaterro de suas fundações compactado de modo a não sofrerem nenhum deslocamento.

Durante o esticamento dos fios os mourões esticadores deverão ser escorados.

Serão usados 4 fios de arame farpado esticados com espaçamento de 0,40m, a partir de 0,10m da extremidade superior dos mourões. Os arames serão fixados por grampos de aço zincado.

Os mourões de suporte serão cravados no terreno à profundidade de 0,50m e espaçados de 2,50m.

Os mourões esticadores serão cravados a profundidade de 1,10m e espaçados de 50,00m e também nos pontos de mudança dos alinhamentos horizontal e vertical da cerca.

5.3. Cercas de Concreto Armado

Os mourões deverão ser bem alinhados e aprumados e o aterro de suas fundações

compactado de modo a não sofrerem nenhum deslocamento.

Durante o esticamento dos fios os mourões esticadores deverão ser escorados.

Serão usados 4 fios de arame farpado esticados com espaçamento de 0,40m a partir de 0,10m da extremidade superior dos mourões. Os arames serão fixados por meio de braçadeiras de arame liso de aço zincado n.º 14.

Os mourões de suporte serão cravados a uma profundidade de 0,50m e espaçados de 2,50m.

Os mourões esticadores serão cravados a uma profundidade de 0,50m, espaçados de 60,00m, e também nos pontos de mudança dos alinhamentos horizontal e vertical da cerca.

6. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) O material vegetal tirado da faixa para implantação da cerca deve ser espalhado, evitando-se a queima.
- b) Não será permitido a execução de cerca com postes de madeira.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

As cercas serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS DE SERVIÇOS DE OBRAS COMPLEMENTARES DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 Utiliza-se a colocação de defensas quando as conseqüências de um possível choque de veículos com estruturas fixas, outros veículos ou sua saída da plataforma da Rodovia, forem mais graves do que o choque contra a própria defesa.

1.2 Os principais casos onde devem ser implantadas defensas são:

- junto a pórticos de sinalização
- junto a obras-de-arte, acessos e pilares
- em condições geométricas em que a altura da rodovia associada ou não a concordâncias horizontais, configurem pontos potencialmente perigosos
- em rodovias que margeiam rios, lagos, valas, etc.

1.3 A localização de defensas deverá seguir as recomendações em vigor na AGETOP e/ou DNER. O acompanhamento da serventia das defensas deverá ser feito diuturnamente, por se tratar de segurança do usuário.

2. DEFINIÇÃO

Defensas são estruturas rígidas ou maleáveis utilizadas para atenuar o choque de um veículo desgovernado contra estruturas fixas ou evitar sua saída da plataforma da rodovia, sempre que houver risco de tombamento com ou sem risco de submersão em rios, lagos, etc.

3. MATERIAIS

As Defensas podem ser rígidas e maleáveis. As rígidas são em concreto, simples ou armado, de cimento Portland, tendo seu emprego em estruturas de obras-de-arte especiais e como separação de fluxo de tráfego opostos. O modelo mais conhecido é o tipo New Jersey. As defensas rígidas serão usadas apenas em casos específicos previstos em projeto, que fornecerá todos os detalhes construtivos e de localização.

As defensas maleáveis são metálicas e basicamente constam das seguintes peças:

- Lâmina de barramento: é um perfil W com dimensões indicadas no projeto, e objetiva receber o choque eventual de um veículo, servindo de guia para sua trajetória. Usualmente esta peça tem 4,30m de comprimento.
- Suporte: é um perfil C, cravado ao solo, onde está fixada a lâmina de barramento, através de acessórios e, junto com esta, absorve parte da energia recebida na colisão.

Os principais acessórios são:

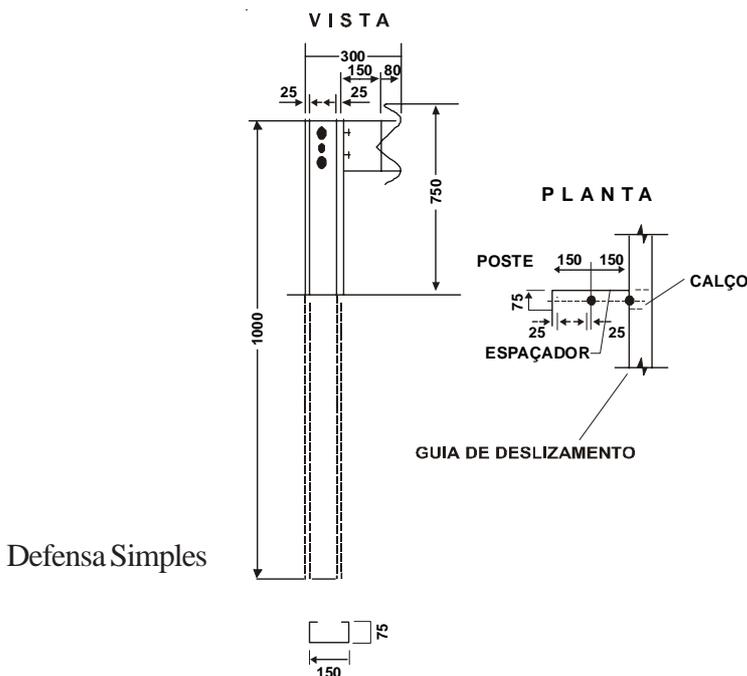
- Espaçador: perfil C, que mantém a lâmina de barramento afastada do Suporte.
- Calço: perfil C, que completa a junção, lâmina de barramento x espaçador.
- Parafusos, porcas, arruelas e plaquetas.

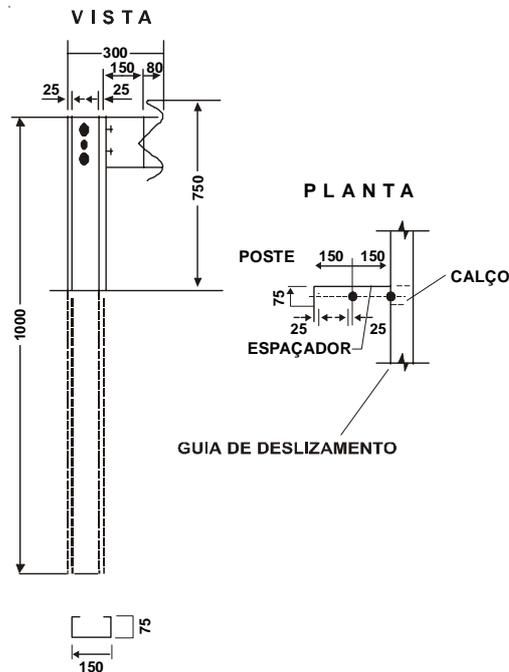
Todas peças serão zincadas por imersão com espessura mínima de 50 micra (350gr/cm²).

Os parafusos serão do tipo fácil rutura.

As lâminas de barramento, suporte, espaçador e calço serão em aço carbono estrutural CF 24 e suas características obedecerão a NBR 6970 da ABNT.

As defensas podem ser simples ou duplas como a seguir mostrado.





Defensa Dupla

4. EQUIPAMENTO

Para a cravação dos suportes é exigido “bate-estaca” pneumático. Para o assentamento das lâminas de barramento (espaçador e calço) é necessário chave de torque variável, a fim de assegurar um aperto uniforme e adequado.

5. EXECUÇÃO

5.1 Os suportes serão cravados a cada 4 metros de modo que a lâmina de barramento fique a 0,75m acima do bordo do revestimento do acostamento, sem invadi-lo.

5.2 No sentido do tráfego, a lâmina de barramento anterior sempre ficará na junção do suporte, sobreposta a posterior. Este procedimento evita que, em caso de choque, as lâminas possam funcionar como “lanças”, perfurando os veículos.

5.3 A ancoragem das defensas em solo se fará como a figura abaixo.

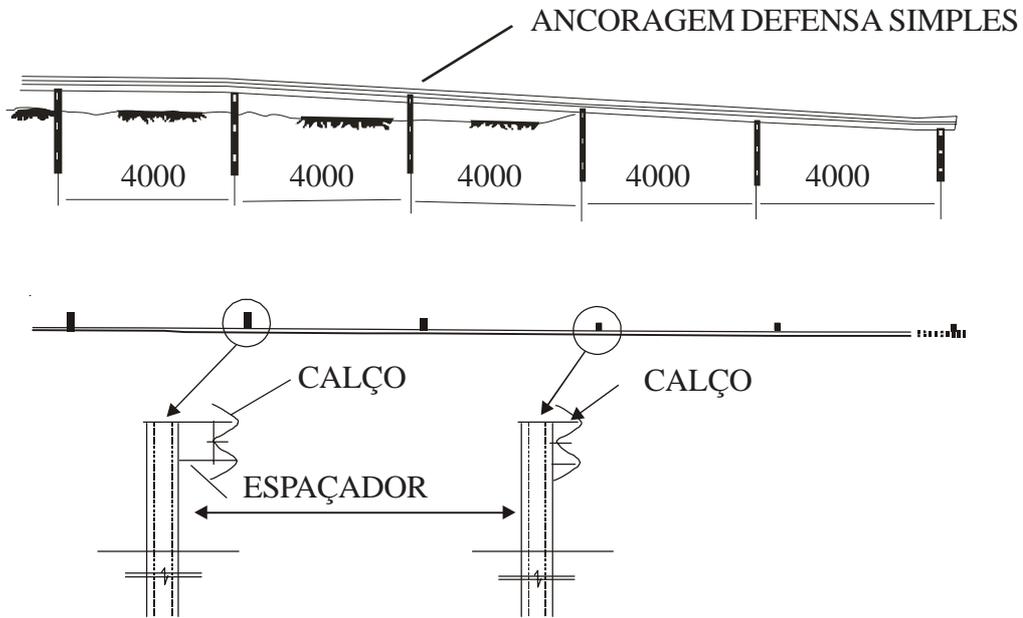
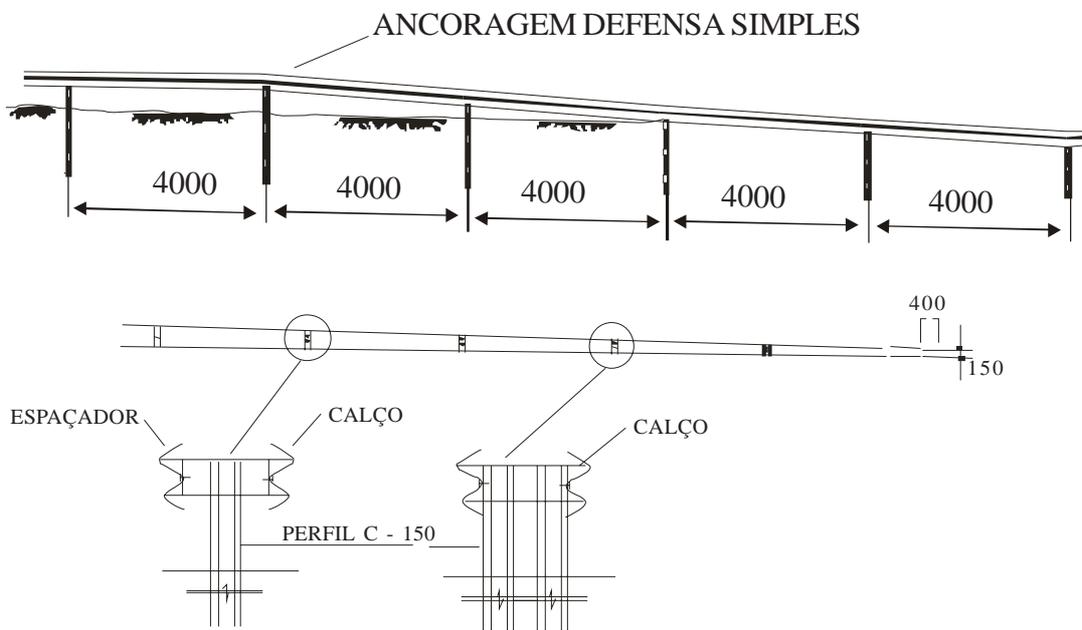


Fig. 3



A ancoragem em estruturas será objeto de projeto específico ou detalhe previsto quando do projeto da estrutura, e em hipótese alguma poderá haver risco à segurança do usuário.

6. CONTROLE

O controle de recebimento dos materiais se fará pela exigência de certificado de qualidade do fabricante atendendo o que preconiza a NBR 6970 da ABNT.

A qualquer momento a Fiscalização poderá formar amostra representativa de um lote de material e encaminhar para laboratório idôneo às custas do Construtor.

A aceitação do material se fará com base no certificado do fabricante e/ou de laboratório idôneo. O não atendimento de qualquer das condições especificadas na NBR 6870 justifica a rejeição.

A aceitação dos serviços será feita por apreciação visual.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

As defensas serão medidas e pagas de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE OBRAS COMPLEMENTARES DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 A sinalização vertical composta de balizadores, marcos quilométricos placas (regulamentação, advertência e indicativas) fixadas em suportes de madeira ou pórticos e a sinalização horizontal (faixas e marcas no pavimento), se constituem nos dispositivos principais para promover a segurança do usuário.

1.2 A qualidade das informações (regulamentares, advertência e indicativas) devem ser precisas. informações “falsas” são “traduzidas” em insegurança ou descrédito, para o usuário

1.3 A quantidade de informações (regulamentares, advertência e indicativas) devem ser concisas. informações longas (indicativas e educativas) e/ou excesso de informações, terminam não fazendo o efeito esperado sobre o usuário.

1.4 Situações potencialmente perigosas, mesmo que as condições geométricas estejam dentro das normas, por exemplo, curva horizontal dentro das condições mínimas para velocidade diretriz, após longas tangentes, deverão ser sinalizadas.

1.5 Durante os serviços, a sinalização de obra deve atender aos subitens 1.2 e 1.3 e serem dinâmicas no acompanhamento dos serviços.

1.6 Todas formas, cores, disposição de implantação da sinalização vertical e horizontal, obedecerão às normas do Departamento Nacional de Trânsito, aprovadas pelo Conselho Nacional de Trânsito.

2. DEFINIÇÃO

Sinalização é um conjunto de sinais horizontais (faixas e marcas no pavimento) e verticais (balizadores, marcos quilométricos, placas, pórticos, semáforos) destinados a regulamentar o uso da rodovia, alertar para condições potencialmente perigosas, fornecer indicações e educar o usuário, através de demarcações, símbolos e mensagens, a fim de oferecê-lo segurança.

3. MATERIAIS

3.1. Sinalização Vertical

Os materiais a serem empregados na sinalização vertical preencherão os seguintes requisitos:

- Os postes de sustentação dos sinais e as travessas de armação serão em madeira tratada com preservativos hidrossolúveis, de acordo com as normas da ABNT, e terão suas dimensões indicadas no Projeto.
- Os postes de sustentação dos sinais e as travessas de armação serão aparelhadas e pintadas com duas demãos de tinta a óleo de acabamento esmaltado, na cor branca.
- Os parafusos de fixação das placas serão zincados a fogo ou imersão, com espessura de 50 micra, com porcas e arruelas. Suas dimensões serão indicadas no Projeto.
- As placas dos sinais deverão ser de aço laminado a frio, obedecendo às normas da ABNT, para uso em sinalização, com espessura de 1,55mm.
- Os balizadores serão em tubos de PVC rígido, preenchido com concreto magro ou ainda em madeira ou metálicos, observadas as condições de obtenção e manutenção (deteriorização e incêndios).

3.2. Sinalização Horizontal

As tintas a serem utilizadas na sinalização horizontal serão à “Base de Resina Acrílica e/ou Vinílica” ou à “Base de Copolímero Estireno-Acrilato – e/ou Estireno-Butadieno”:

- As tintas serão retrorrefletivas e terão duração mínima de 2 (dois) anos para as tintas à “Base de Resina Acrílica e/ou Vinílica” e 1 (um) ano para as tintas à “Base de Copolímero Estireno-Acrilato e/ou Estireno-Butadieno”.
- As condições de aceitação ou rejeição dos materiais serão regidas pelas Especificações em vigor na AGETOP.
- As micro esferas emulsionadas na tinta (Pré-mix) ou aspergidas (drop-on) obedecerão às Especificações em vigor na AGETOP.
- A inspeção dos materiais será segundo o Método DNER-ME 25/76, e a amostragem

de acordo com o procedimento DNER-PRO 104/80.

4. EQUIPAMENTOS

4.1 Todo o equipamento deve ser cuidadosamente examinado pela Fiscalização, devendo dela receber a aprovação, sem o que não será dada ordem de serviço.

4.2 Para sinalização vertical é necessário equipamento de escavação tipo trado, para implantação dos suportes e ferramentas para montagem das placas.

4.3 A marcação do pavimento (faixas, setas, números, zebrações, etc.) será feita com máquinas apropriadas para o tipo de tinta empregada e, ainda, ser provida de “pistola de pintura” para retoques e marcações “mais trabalhadas”, tais como setas, etc.

5. EXECUÇÃO

5.1. Sinalização Vertical

Recebidas as chapas, que serão tratadas quimicamente por processo de desengraxe, decapagem e fosfatização, pintadas com primer de base alquídica, em ambas as faces, e o acabamento à pistola, com aplicação de resina sintética semi-fosca endurecida por reação química e secagem em estufa, com a refletorização das mensagens pela aplicação de películas refletivas de lentes expostas, reativável por calor ou ativador químico, proceder-se-á a montagem nos suportes e travessas que serão implantadas, observando a inclinação de 3°, no sentido do tráfego, em relação a perpendicular ao eixo da rodovia, com a finalidade de não ofuscar o usuário.

Marcos quilométricos e balizadores serão implantados segundo as normas do Departamento Nacional de Trânsito, aprovadas pelo Conselho Nacional de Trânsito.

5.2. Sinalização Horizontal

Para a aplicação da sinalização horizontal a superfície do revestimento deverá estar isenta de material solto, pó, seca, com a temperatura ambiente variando entre 10°C a 40°C e a

temperatura do revestimento asfáltico não deverá ser superior a 60°C e a umidade do ar inferior a 90%.

5.3. Sinalização de Obra

A sinalização da obra (durante a construção) é basicamente vertical, já que são raros desvios de tráfego serem pavimentados, em virtude do pouco tempo de utilização.

As placas de sinais verticais deverão ser preferencialmente assentadas em bases de fácil transporte, e não fixadas ao solo. O uso de cavaletes e cones destina-se principalmente para orientar o fluxo dos veículos, em decorrência de interdições em segmentos da rodovia.

Toda sinalização de obra deverá ser submetida à Fiscalização para aprovação.

6. CONTROLE TECNOLÓGICO

6.1. Materiais

6.1.1 Sinalização Vertical

As placas de sinalização, marcos quilométricos, balizadores, pórticos, etc., serão aceitos por inspeção visual do acabamento dos mesmos. Havendo suspeição quanto à qualidade dos materiais, a Fiscalização exigirá ensaios de acordo com as Especificações da AGETOP, com ônus para o Construtor.

6.1.2 Sinalização Horizontal

As instruções para embalagem dos materiais e aceitação ou rejeição serão regidas pelas Especificações em vigor na AGETOP.

6.2. Execução

A execução da Sinalização se fará, tendo em vista a obediência às Notas de Serviço do Projeto e/ou Fiscalização e por apreciação visual da qualidade da execução dos serviços.

7. MANEJO AMBIENTAL

Nas operações referentes a este serviço devem ser adotadas as seguintes medidas de proteção ambiental:

- a) Quando existir vegetação de porte (árvore e/ou arbusto) no local previsto à implantação da sinalização, deslocá-la para a posição mais próxima possível do inicial, sem prejuízo da emissão da mensagem.
- b) A sinalização horizontal deve ser executada com os devidos dispositivos de proteção individual.
- c) Em hipótese alguma deve ser lançado ao solo ou aos cursos d'água os restos de tinta.

8. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A Sinalização, vertical e horizontal, será medida e paga de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DOS SERVIÇOS DE OBRAS COMPLEMENTARES DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 A utilização de vegetais diversos para proteção de áreas expostas ao Corpo Estradal, faixa de domínio e ocorrências de materiais que tenham sido exploradas, devem ser feitas com espécies da região, de modo a não aumentar a agressão ao meio ambiente.

1.2 A terra vegetal, resultado da limpeza das áreas de ocorrências e do corpo estradal, deve ser armazenada para uso subsequente na “Proteção Vegetal”.

1.3 A utilização de espécies arbóreas à margem da rodovia deverá levar em conta a segurança do usuário, em caso de desgoverno de veículos ou tombamento da espécie plantada.

2. DEFINIÇÃO

A Proteção Vegetal, consiste na utilização de vegetais diversos com o fim de preservar as áreas expostas do corpo estradal e áreas de ocorrências de materiais exploradas, protegendo-as dos processos erosivos e atenuando a agressão ao meio ambiente.

3. MATERIAIS

3.1. Terra Vegetal

As ocorrências de terra vegetal serão indicadas pela Fiscalização e, sempre que possível, a terra vegetal será proveniente da limpeza da área de implantação do corpo estradal e de áreas de ocorrências exploradas. Quando não for possível obtê-la deste modo, ela será adquirida em outras fontes.

3.2. Adubos Corretivos

Serão usados preferencialmente adubos de origem animal, isentos de sementes de ervas quaisquer, palhas e outros materiais estranhos. O uso de fertilizantes comerciais e corretivos, só será permitido mediante certificado de laboratório idôneo e do órgão governamental,

responsável pelo meio ambiente, atestando não conter tóxicos e/ou poluidores do meio ambiente.

3.3. Material de Cobertura

Este material poderá ser: palha de arroz ou trigo, camas de estábulo, capim, sacos de juta, etc. Para sustentação desse material serão utilizados: telas de arame ou nylon, ripas de madeira ou bambu, grampos de ferro, soluções asfálticas, adesivos plásticos, estacas de madeira, ou outros indicados no projeto.

3.4. Preventivos Químicos Herbicidas

Contra as pragas e doenças poderão ser utilizados defensivos agrícolas, após a apresentação de certificado de laboratório idôneo e do órgão governamental responsável pelo meio ambiente, atestando não conter tóxicos e/ou poluidores do meio ambiente.

Não é permitido em nenhuma hipótese o uso de herbicidas.

3.5. Sementes e Leivas

As sementes empregadas no controle de erosão serão de gramíneas e leguminosas indicadas no projeto, contendo referência a porcentagem de pureza e de poder germinativo e ainda a fonte de produção. O emprego das leivas será controlado pela Fiscalização, no sentido da indicação do local da extração e verificação das condições de sanidade e desenvolvimento das mesmas.

3.6. Árvores e Arbustos

As mudas serão de espécies, variedades e tamanho, conforme indicações do projeto, e deverão satisfazer às exigências de ordem sanitária e de embalagem e às condições de transporte.

4. EQUIPAMENTO

Além dos utensílios comuns utilizados em horticultura (pá, enxada, carrinho de mão, ancinho, cavadeira, trado, foice, alfanje, etc.), deverá o Executante dispor dos seguintes equipamentos:

- Trator de esteira ou de pneu, com plaina;
- Carregadeira;
- Caminhão basculante;
- Caminhão de carroceria fixa;
- Carro-pipa com dispositivo para rega;
- Hidro-semeadeira para plantio com sementes;
- Trado mecânico para abertura de covas;
- Máquina para escarificação de áreas inclinadas;
- Máquina para extração de leivas;
- Equipamento para tratamento de pragas e doenças;
- Segadeira mecânica;
- Semeador de grama.

5. EXECUÇÃO

A execução da proteção vegetal poderá ser feito por LEIVAS, MUDA e SEMEADURA. Antes do início de qualquer serviço a Fiscalização fornecerá ao Construtor todos os elementos do Projeto.

É necessário que a Fiscalização seja exercida por um técnico agrícola, com conhecimentos que permita reavaliar continuamente o projeto e sua interação com o meio ambiente.

5.1 A proteção vegetal por leivas ou muda passará pelas seguintes operações:

- a) Preparo do Solo, compreendendo, quando for o caso, o revolvimento do solo, nivelamento, drenagem da área, cobertura com terra vegetal, tratamento do solo contra pragas, adubação e correção do solo.
- b) Obtenção de Leivas, compreendendo a poda, arranca, carga, descarga e transporte das leivas.

- c) Plantio, no caso de enleivamento as placas terão dimensões uniformes e nas áreas inclinadas as leivas serão sustentadas por estacas de madeira. No caso de mudas será feito à razão de 100 mudas por metro quadrado.
- d) A irrigação, será feita com equipamento apropriado para alcançar grandes alturas, não se admitindo adoção de métodos impróprios que possam comprometer a estabilidade dos maciços, processando-se à medida que as leivas forem implantadas.

5.2 A proteção vegetal poderá ser feita ainda por sementeira, através de dois processos:

- sementeira manual ou com sementeira
- hidro-sementeira, através de equipamento apropriado.

A sementeira manual ou com sementeira exigirá o preparo do solo e aberturas de covas ou sulcos para o lançamento das sementes de gramíneas e/ou leguminosas.

5.3. Irrigação

A irrigação será feita com equipamento apropriado para alcançar alturas, não se admitindo adoção de métodos impróprios que possam comprometer a estabilidade dos maciços, processando-se à medida que a sementeira for realizada.

5.4. Arborização

O plantio de árvores e arbustos, na faixa de domínio, deverá ser executado visando ao controle da erosão, consolidação de áreas do corpo estradal, sombreamento de áreas de descanso e recreação, tendo sempre em mira a integração paisagística da rodovia na natureza que a cerca.

6. CONTROLE

O controle será feito por apreciação visual dos serviços, observada a correta aplicação desta Especificação.

A aceitação dos serviços só será feita quando do recebimento de todos os serviços. Durante o período de execução até o recebimento, a manutenção dos serviços será ônus do Construtor.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A proteção vegetal será medida e paga de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.

1. CONCEITOS BÁSICOS

1.1 A impermeabilização asfáltica de taludes visa primordialmente proteger o maciço de infiltração de águas pluviais e conter processos erosivos provenientes do escoamento das águas de chuva.

1.2 Este tipo de proteção não pode ser usado em taludes de cortes que tenham lençol freático rebaixado por drenos. Recomenda-se ainda, não usá-la por razões estéticas, quando outra solução puder ser dada.

2. DEFINIÇÃO

A impermeabilização asfáltica de taludes é um serviço de proteção de taludes que evita a infiltração e a erosão provocada por águas de chuvas.

3. MATERIAIS

3.1. Emulsão Asfáltica

Será usada emulsão RL – 1C, que será entregue com certificado de qualidade, contendo todos os ensaios constantes das Especificações de Emulsões Asfálticas em vigor.

3.2. Cimento Portland

Deverá obedecer a NBR 5732.

3.3. Água

Deverá ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

3.4. Solo

O solo do talude não poderá conter umidade natural elevada nem teor elevado de matéria orgânica.

4. EQUIPAMENTO

Para execução de impermeabilização betuminosa é indicado o seguinte equipamento:

- brochas ou trinchas de fios de cerdas, para execução da pintura do talude;
- vassouras, enxadões e outros apetrechos adequados, para limpeza dos taludes;
- andaime de madeira de 4m de comprimento e 60cm de largura, acionado por sistema de cordas e roldanas; escadas de madeira, de fácil remoção, que admitam a fixação de suportes entre elas; ou os outros quaisquer meios seguros e eficientes para acesso dos operadores às superfícies das rampas.

5. EXECUÇÃO

5.1. Regularização e Limpeza dos Taludes.

A pintura impermeabilizante deverá ser executada, sempre que possível, logo após a execução do corte.

As superfícies dos taludes deverão se apresentar planas, sem ressalto, nem cavidades. Os ressalto que subsistirem, se forem terrosos, deverão ser raspados com enxadões ou outro equipamento apropriado. Se forem rochosos, não deverão ser removidos.

Os sulcos de erosão, provocados pelas águas pluviais, deverão ser preenchidos com solo-cimento, na umidade ótima, com um teor variável até 10% em peso de cimento Portland comum e compactado com soquete, em função do tipo de solo a utilizar. Antes da aplicação do solo-cimento, os sulcos deverão ser conformados de modo a se obterem caixas com, pelo menos, 10cm em qualquer de suas dimensões.

Após a regularização do talude, promove-se uma rigorosa varredura de toda a área a ser tratada, de modo a eliminar todo material pulverulento.

5.2. Preparo da Mistura

Em um tambor comum, devidamente limpo, introduz-se a emulsão e adiciona-se gradativamente água, revolvendo-se continuamente o conteúdo com uma haste de madeira ou metal. Terminada a adição de água, acrescenta-se o cimento, progressivamente, continuando o revolvimento até obter-se uma mistura homogênea, cremosa, quase fluída. A mistura assim preparada deve ser mantida sempre em agitação. A quantidade de mistura produzida, cada vez variará com o número de homens que compõem a equipe de pintura, pois a mistura deverá ser totalmente empregada até, no máximo, 1 hora depois de pronta.

Recomendam-se os seguintes traços, em peso:

a) Para solos arenosos:

na 1ª demão – 1: 0,8: 0,5 (emulsão: água: cimento)

na 2ª demão – 1: 0,5: 1,0

b) Para solos argilosos:

na 1ª demão – 1: 1: 0,5

na 2ª demão – 1: 0,5: 1,0

A fim de garantir a maior penetração possível da mistura no talude, poderá ser ligeiramente variada a fluidez na primeira demão com alteração da relação emulsão/água, chegando-se ao traço ideal em cada caso particular.

As proporções cimento/emulsão especificadas, são as máximas admitidas. Para isso, deverá ser feita uma mistura com o traço devidamente escolhido dentre os recomendados e realizada uma aplicação experimental sobre o talude a ser tratado.

5.3. Quantidade

A taxa de aplicação da mistura nas duas demãos é de 1,0 a 1,5kg, por metro quadrado de

talude.

No caso de cortes elevados, executados em banquetas, o preparo da mistura deverá ser realizado nas plataformas das mesmas, a fim de evitar os transtornos decorrentes do transporte da mistura a grandes alturas.

5.4. Aplicação da Mistura

Imediatamente antes da aplicação da primeira demão, o talude, se for o caso, deverá ser ligeiramente umedecido. Cada operador disporá de um balde contendo mistura e executará a pintura com uma brocha ou trincha de fios de cerdas, iniciando da parte superior do talude e dirigindo-se para baixo, em faixas de 1m de altura. Os operadores deverão apoiar-se em andaime de madeira ou escada ou serem suportados por cordas que se deslocarão paralelamente aos taludes. Outros tipos de apoio poderão ser utilizados desde que não afetem a conformação do talude. As aplicações da mistura serão feitas em duas demãos, conforme traços indicados no item 5.2. Aplicar-se-á a primeira demão em toda uma faixa do talude, seguindo-se a segunda demão.

Para cortes em banquetas, deve-se pintar cada trecho limitado pela plataforma da banqueta inferior, passando-se somente ao trecho seguinte, quando terminado o de cima. Neste caso, aplicam-se duas demãos da mistura em toda a faixa do talude do trecho, repetindo-se a mesma operação na plataforma da banqueta, dirigindo-se do bordo junto à canaleta para o bordo externo e da direita para a esquerda.

6. CONTROLE

Para cada 20t ou fração de Emulsão serão realizados os seguintes ensaios que, comparados com a Especificação de Emulsões ASFÁLTICAS, determinarão a aceitação:

- Viscosidade Saybolt-Furol
- Resíduo por Evaporação
- Carga elétrica das partículas.

O cimento Portland e água serão analisados somente se a Fiscalização visualmente suspeitar

da qualidade.

7. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A Impermeabilização Asfáltica de Taludes será medida e paga de acordo com os PROCEDIMENTOS PARA MEDIÇÃO E PAGAMENTO DE SERVIÇOS DE PROTEÇÃO DO CORPO ESTRADAL DA AGETOP.

Em cada medição específica deste serviço deverá ser retido um percentual de 5% (cinco por cento), que representa a parte relativa à execução do manejo ambiental. Este valor só poderá ser liberado e incluso na medição após a efetivação das medidas determinadas.