

TÍTULO

**TERRAPLENAGEM – ATERRO SOBRE SOLOS COMPRESSÍVEIS**

PALAVRAS-CHAVE

Terraplenagem. Especificação Técnica. Aterro Sobre Solos Compressíveis.

DIRETORIA INTERESSADA

Diretoria de Obras Rodoviárias

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Agência Goiana de Infraestrutura e Transporte. **GOINFRA – ES-P 006/2019**. Terraplenagem–Especificação Técnica – Aterro Sobre Solos Compressíveis.

SERVIÇOS RELACIONADOS

Estabilização de solo mole com rachão. Dreno superficial e profundo. Colchões drenantes.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO <b>JUN/2019</b>	FOLHA <b>2 de 10</b>

## SUMÁRIO

1 – DEFINIÇÃO.....		3
2 – REFERÊNCIAS NORMATIVAS .....		3
3 – MATERIAIS .....		3
4 – EQUIPAMENTOS .....		4
5 – EXECUÇÃO .....		4
5.1 – Considerações Gerais.....		4
5.2 – Execução .....		4
6 – CONTROLE/ ACEITAÇÃO .....		7
6.1 – Materiais .....		7
6.2 – Geométrico .....		8
6.3 – Controle de Recalque .....		9
7 – MANEJO AMBIENTAL.....		9
8 – MEDIÇÃO E PAGAMENTO.....		9

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO JUN/2019	FOLHA 3 de 10

## 1 – DEFINIÇÃO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição de aterro sobre solos compressíveis, em obras rodoviárias sob a jurisdição da GOINFRA.

A presente especificação refere-se à construção de aterros sobre locais onde o terreno natural é constituído por solos compressíveis, isto é, altamente deformáveis, que apresentam recalques excessivos ou ruptura da base quando carregados.

Os solos compressíveis possuem baixa resistência ao cisalhamento, normalmente associada à baixa resistência à penetração estática SPT < 2 golpes/30 cm. Geralmente, são constituídos por argilas orgânicas ou não, e solos turfosos, comumente saturados.

## 2 – REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para aplicação desta Especificação Técnica é indispensável os seguintes documento:

- 2.1) Detartamento de Estradas de Rodagem. **ET- DE- Q00/004**. Aterro Sobre Solos Compressíveis. Especificação Técnica. 11 páginas.
- 2.2) Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes. **GOINFRA ES-T 005/2019**. Aterros. Especificação de Serviços. 15 páginas.
- 2.3) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR MN 49/2001**. Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas. 3 páginas.
- 2.4) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7181/2016**. Solo - Análise granulométrica. 12 páginas.
- 2.5) Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR MN 248/2003**. Agregados - Determinação da composição granulométrica. 6 páginas.

## 3 – MATERIAIS

Os materiais que devem ser utilizados na fundação dos aterros sobre solos compressíveis, devem ser indicados em projeto, em função das condições de suporte e drenagem da área. Podem ser empregados os seguintes tipos:

- areia isenta de matéria orgânica, torrões de argila ou outros materiais prejudiciais;
- pedra britada (n.º3 e n.º4);

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO JUN/2019	FOLHA 4 de 10

- pedra detonada;
- pedra rachão;
- geotextil.

Os materiais de preenchimento devem ser lançados ou compactados, de maneira que atendam às condições de compacidade e consistência exigidas em projeto.

#### **4 – EQUIPAMENTOS**

O conjunto de equipamentos necessários à execução dos serviços é:

- 4.1) trator de esteira;
- 4.2) escavadeira com comando hidráulico;
- 4.3) caminhões basculantes.

#### **5 – EXECUÇÃO**

##### 5.1 Considerações Gerais

Sempre que a camada inferior do aterro assentar-se em terreno alagado, toda área de fundação do aterro, quando possível, deve ser previamente drenada antes do início da execução da fundação.

Nos casos em que o bombeamento esteja previsto em projeto ou indicado pela fiscalização, nenhuma camada da fundação de aterro pode ser lançada antes da conclusão do esgotamento.

Quando não houver a possibilidade de execução da drenagem, deve ser construída previamente uma camada do aterro, com material inerte, cuja superfície fique acima do nível d'água, de maneira que a camada inicial do aterro sobrejacente possa ser compactada. A altura do material inerte não deve ser inferior a 0.6 m em relação ao nível d'água.

Outra solução que pode ser adotada, quando não houver a possibilidade de drenagem prévia, é a execução de aterro sobre estiva lançada ou estiva natural. Neste caso, ou seja, quando o aterro for lançado sobre estiva natural, a área não deve ser limpa.

As primeiras camadas de fundação de aterro, a critério da fiscalização ou indicado em projeto, devem ser lançadas em ponta de aterro, utilizando trator de esteira leve.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMIÇÃO <b>JUN/2019</b>	FOLHA <b>5 de 10</b>

Antes do lançamento do material inerte a área deve ser limpa. O processo de limpeza e o material a ser utilizado na fundação devem ser fixados em projeto ou pela fiscalização, em função das características de cada fundação e da disponibilidade dos materiais existentes no local.

Após a construção das camadas compactadas acima descritas, o material de fundação deve ser compactado conforme a ES-T 005/2017 - Terraplenagem – Aterro.

Em zonas em que a lâmina d'água for excessivamente espessa, de modo que impossibilite o lançamento de material inerte e, sempre que indicado em projeto, devem ser executados diques de vedação, para isolar a fundação de aterro e reduzir o volume de água a ser drenado.

## 5.2 Execução

Os aterros sobre solos compressíveis devem ser executados geralmente por três processos:

- a) lançamento do aterro após a remoção do solo compressível,
- b) lançamento de aterro com adensamento normal;
- c) lançamento de aterro com adensamento acelerado.

### 5.2.1 Lançamento de Aterro Após a Remoção do Solo Compressível

Nos casos onde haja viabilidade econômica para retirada total ou parcial dos solos compressíveis, a escavação do material deve ser executada de acordo com as determinações de projeto, isto é, na largura, profundidade e inclinações de taludes indicados em projeto.

A fundação do aterro deve ser constituída por uma ou mais camadas de material granular inerte. Esta última camada deve possuir granulometria conveniente, que impeça a penetração de finos do aterro no material de fundação. A compactação do material de fundação deve ser executada conforme a GOINFRA ET-ES-T 005/2019 - Terraplenagem – Aterro.

Quando a remoção dos solos compressíveis não puder ser executada em sua totalidade, ou seja, em etapa única, a substituição do material compressível deve ser executada em etapas, deixando septos ou executando saias de aterros.

A substituição por etapas deve ser executada escavando-se uma faixa de solo compressível entre os septos, que deve ser aterrada com material de enchimento antes da escavação da etapa seguinte. O aterro de ponta deve ser executado forçando o material de substituição contra o solo compressível, provocando seu deslocamento.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO JUN/2019	FOLHA 6 de 10

Nos dois casos, devem-se tomar os cuidados necessários para garantir que o material de enchimento não seja contaminado pelo material escavado, exceto na zona de contato dos materiais. O material contaminado deve ser removido e substituído por um novo.

A execução do aterro é obrigatoriamente precedida da comprovação, pela fiscalização, do adensamento estabelecido em projeto, podendo-se prosseguir a execução do aterro, conforme a GOINFRA ES-T 005/2019 - Terraplenagem – Aterro.

#### 5.2.2 Lançamento de Aterro com Adensamento Normal

Neste caso, o solo compressível não deve ser removido completamente, sendo o aterro construído diretamente sobre o solo compressível.

Quando no local houver água, deve-se efetuar a drenagem da área, antes do início do lançamento do material inerte que irá constituir a fundação do aterro.

As camadas de material inerte devem ser executadas com equipamentos leves, tipo esteira, sendo proibido o acesso de equipamentos de pneus ou pesados, até que a fundação atinja a estabilidade necessária.

Nos casos em que não haja possibilidade de lançamento de camadas de material, o projeto deve indicar solução alternativa que promova a separação física entre o solo compressível e o material de aterro. Podem ser utilizadas estivas lançadas ou naturais.

Sempre que existirem riscos de ruptura da base do aterro, devem ser previstas bermas de equilíbrio, de maneira, que a sua construção, seja simultânea com a construção de aterros.

Quando a fundação atingir o adensamento previsto em projeto e tiver sido liberada pela fiscalização, deve-se dar início à execução do corpo do aterro.

O aterro deve ser construído de acordo com a GOINFRA ES-T 005/2019 - Terraplenagem – Aterro, sendo que a sua execução deve ser realizada em etapas, respeitando os prazos e recalques mínimos indicados no projeto para cada etapa de construção.

#### 5.2.3 Lançamento de Aterro com Adensamento Acelerado

Em situações em que o solo compressível não for removido e seja necessário reduzir o tempo previsto para o aparecimento de recalques, devem ser adotados métodos construtivos que permitam reduzir o tempo previsto para a ocorrência de recalques.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO JUN/2019	FOLHA 7 de 10

Os métodos de aceleração do adensamento, geralmente, consistem de aplicação de sobrecarga na fundação, ou na execução de um conjunto de drenos verticais junto à fundação do aterro.

A presente especificação trata apenas da construção com sobrecarga.

A sobrecarga deve ser executada de acordo com as indicações de projeto, quanto a: largura, cota, prazos de construção. Se indicado em projeto, a construção das bermas de equilíbrio, deve ser simultânea à construção do aterro.

A remoção da sobrecarga, parcial ou total, somente deve ser iniciada após liberação da fiscalização, a qual deve orientar-se pelas estimativas de projeto e pela instrumentação de campo, para verificar se a fundação atingiu o recalque previsto.

Quando a sobrecarga for incorporada ao aterro, sua execução também deve obedecer às orientações da GOINFRA ES-T 005/2019 - Terraplenagem – Aterro .

Quando a fundação atingir o adensamento previsto em projeto e tiver sido liberada pela fiscalização, deve-se dar prosseguimento a execução do aterro.

O aterro deve ser construído de acordo com a especificação de aterro, a sua execução deve ser realizada em etapas, respeitando os prazos e recalques mínimos indicados no projeto para cada etapa de construção.

## **6 – CONTROLE/ ACEITAÇÃO**

### **6.1 Materiais**

Para cada 1.000 m<sup>3</sup> do mesmo material inerte arenoso, proveniente de corte ou de jazida, utilizado na fundação, deve ser executado, no mínimo:

- a) um ensaio de impurezas orgânicas em areia, conforme NBR NM 49<sup>(1)</sup>;
- b) um ensaio de granulometria, conforme NBR 7181<sup>(2)</sup>.

Para cada 1.000 m<sup>3</sup> do mesmo material inerte rochoso ou pedra britada, proveniente de jazida ou corte, utilizado na fundação, deve ser executado no mínimo:

- a) um ensaio de granulometria, conforme NBR NM 248<sup>(3)</sup>.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO JUN/2019	FOLHA 8 de 10

O controle de compactação e do restante dos materiais do aterro deve ser feito conforme a especificação GOINFRA ES-T 005/2019 - Terraplenagem – Aterro.

Os materiais da fundação de aterro são aceitos, desde que atendam as seguintes condições:

- a) As areias devem ser isentas de matéria orgânica e deve apresentar no máximo 15% do material passando na peneira n.º40;
- b) Granulometria do material rochoso deve atender a especificada em projeto.

#### 6.2 Geométrico

O controle geométrico deve consistir na verificação topográfica das dimensões, cotas e inclinações das cavas e aterros, de forma a ser obtida a conformação da seção transversal de projeto. A largura da plataforma deve ser determinada por medidas de trena.

O acabamento quanto à declividade transversal e a inclinação dos taludes devem ser as indicadas em projeto. As verificações devem ser realizadas pela executante e pela fiscalização, desde o início e até término das operações, de modo a permitir as correções eventualmente necessárias.

Os serviços são aceitos quanto à geometria desde que:

- a) a declividade transversal do terreno na superfície inferior do colchão propicie condições adequadas para o escoamento das águas coletadas nas camadas, evitando-se depressões que gerem acúmulo de água;
- b) não haja contaminação do aterro com lama na execução de suas primeiras camadas;
- c) as condições de espalhamento e desempenho da camada sejam julgadas satisfatórias.

As variações individuais de cota de cada seção e da largura da plataforma admitidas para a fundação do aterro são:

- a) variação de cota máxima para eixo e bordas de  $\pm 0,20$  m;
- b) variação da largura máxima da cava de remoção para cada lado de + 1,0 m, não se admitindo variação negativa.

As variações individuais de cota de cada seção e da largura da plataforma admitidas para aterro acabado são:



	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO <b>JUN/2019</b>	FOLHA <b>9 de 10</b>

- a) variação da cota  $\pm 0,05$  m para eixo e bordas;
- b) variação máxima da largura da plataforma de + 0,30 m, não se admitindo valores inferiores para a semi-largura da plataforma.

### 6.3 Controle de Recalques

O controle de recalques deve ser feito topograficamente, utilizando marcos superficiais ou placas de recalque.

As leituras de recalques devem ser feitas periodicamente, de acordo com o estipulado no projeto, durante e após o período construtivo, até que ocorra o adensamento previsto em projeto.

O recalque é aceito quando ocorrer à estabilização do adensamento previsto no projeto.

## 7 – MANEJO AMBIENTAL

Devem-se tomar medidas necessárias de proteção contra ação erosiva das águas e manutenção de drenagem eficiente. As providências a serem tomadas visando à proteção do meio ambiente referem-se à execução, de acordo com as normas correspondentes, dos dispositivos de drenagem e proteção vegetal dos taludes, previstos no projeto, para evitar erosões e conseqüente carreamento do material.

## 8 – MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A execução da fundação de aterros é medida e paga por metro cúbico ( $m^3$ ) de camada acabada, com base nas medidas das seções transversais da cava, considerando a cota de fundo o limite da remoção.

A escavação, carga e transporte e esgotamento de água é paga indiretamente, por intermédio dos serviços de escavação, carga, transporte de material e bombeamento de vala.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, nos quais estão inclusos: o fornecimento e transporte do material, perdas, toda mão de obra com encargos sociais, BDI, e equipamentos necessários para a execução de estabilização da superfície onde houver afloramento do lençol freático, como no caso de fundo de cavas proveniente da remoção de solo mole, ou ainda, em locais que apresentam baixa capacidade de suporte, onde foram realizadas trocas de solo.

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	CÓDIGO <b>ES-P 006/2019</b>	
	<b>Terraplenagem – Aterro Sobre Solos Compressíveis</b>	EMISSÃO JUN/2019	FOLHA 10 de 10

As camadas de fundação possuem espessuras variadas de modo a acomodar e confinar a presença de água local. Incluem ainda o espalhamento e acomodação no caso de pedra rachão e adensamento com água no caso de areia lavada.