

1 OBJETIVO

O objetivo desta Instrução é estabelecer procedimentos para a elaboração de Projetos Rodoviários e Complementares de Pequeno Porte – **Tratamento de Processos Erosivos**.

Entende-se por projetos de pequeno porte aqueles que se encaixam no escopo definido em conjunto pela GOINFRA e o TCE-GO, através do TAG (Termo de Ajustamento de Gestão), bem como seus termos aditivos e correlatos. Este escopo se baseia em uma caracterização orçamentária, que estabelece um valor limite de até R\$ 10.000.000,00 (Dez milhões de reais) para esses projetos, são eles:

- a) Pequenas vias de acesso e estacionamentos;
- b) Obras de arte especiais e correntes;
- c) Drenagens superficiais e profundas;
- d) Acessos, interseções em nível e retornos rodoviários, dentro de perímetros urbanos ou em rodovias não duplicadas;
- e) Tratamento de pontos críticos;
- f) Tratamento de processos erosivos às margens das rodovias e recuperações que se assemelhem;
- g) Obras complementares.

Assim essa instrução aborta os projetos de pequeno porte descrito na alínea “f”.

A elaboração de um projeto para tratamento de processos erosivos abrange o estudo de estabilidade do corpo estradal e a segurança dos usuários, bem como o impacto ambiental a depender do caso.

2 ABRANGÊNCIA

Instrução de projeto aplicável às Gerências pertencentes à Diretoria de Manutenção – DMA.

3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- DNIT - IPR 738 - Manual De Sinalização De Obras e Emergências em Rodovias
- CONTRAN - Manuais Brasileiros de Sinalização de Trânsito do CONTRAN – Volumes 1 ao 9
- ABNT NBR 13133 - Execução de Levantamento Topográfico

- IBGE - Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS

4 DETALHAMENTO

Fica determinado que a equipe técnica da GOINFRA encarregada da análise dos Projetos Rodoviários da Agência pode, a qualquer momento e com a devida justificativa, solicitar e/ou exigir do projetista outros itens além dos descritos nesta Instrução de Projeto - IP como a apresentação de qualquer outro levantamento ou estudo, que julgarem necessário para a correta apreciação da diretriz do projeto em análise.

Este procedimento se aplica à elaboração de projetos de pequeno porte destinados ao tratamento de processos erosivos intermediários e avançados que coloquem em risco a estabilidade do corpo estradal e a segurança dos usuários, projetos de recomposição e adequação de sistemas de drenagem superficial e profunda deterioradas ou insuficientes, e intervenções pontuais correlatas.

4.1 Estudos Preliminares

O estudo, nesta fase, será realizado através do levantamento de um conjunto de registros geotecnológicos, concernentes a bases de dados georreferenciados disponíveis para a região tais como: cartas topográficas, mapas geológicos, pedológicos, geomorfológicos e hidrológicos; auxiliado por dados retirados de fontes primárias e secundárias como: bibliográficas, informações de obras semelhantes, interpretação de imagens de satélites, sensoriamento remoto, tratamento dos dados georreferenciados da região por software SIG e levantamento de campo por simples reconhecimento da região.

O relatório preliminar a ser gerado, deverá conter as análises interpretativas, resultantes dos levantamentos realizados, com apresentação de fotos e relatórios de vistorias indicando através de mapas temáticos as unidades de interesse geológico-geotécnico, tais como: relevo, falhas, lineamentos, contatos litológicos, hipsometria e classe de erodibilidade. As análises deverão ser realizadas através do cruzamento dos dados primários e secundários.

A vistoria técnica in loco deverá ser seguida de emissão de nota técnica ou relatórios que demonstraram todo processo erosivo bem como suas possíveis causas e evolução. Deverá constar, no relatório ou nota técnica, fotos georreferenciadas catalogando todo processo erosivo bem como das possíveis causas levantadas na vistoria. Também, previsão de evolução do processo erosivo com vistas ao período climático bem como estudo de impacto ambiental.

Casos específicos e atípicos, que porventura não se enquadrem nas especificações e normas da GOINFRA, deverão sempre ser apresentados formalmente pela empresa projetista e/ou profissional

projetista, ao departamento responsável pelos Projetos Rodoviários da GOINFRA, para que ele analise o caso e defina como deverá ser conduzido os estudos específicos dele.

4.2 Estudo hidrológico

Os estudos hidrológicos para os projetos de Tratamento de Processos Erosivos, devem ser elaborados, conduzidos e apresentados conforme orientações e determinações a seguir.

4.2.1 Dados hidrológicos da pluviometria

Na coleta dos dados hidrológicos para determinação da contribuição pluviométrica, nas redes hidrográficas que interceptam o eixo estradal, deverá ser seguida a seguinte sistemática:

- a) Apresentação de mapas em escala conveniente, destacando a rede hidrográfica principal comprometida pelo projeto e a localização do trecho em estudo. O mapa de bacias deverá ser numerado de forma a ser associada uma única bacia para cada Obra-de-Arte projetada;
- b) Coleta dos dados de chuvas dos postos localizados na área e apresentados em mapa com indicação da entidade responsável pela coleta e os respectivos períodos de observação.
- c) Cálculo dos seguintes elementos: média anual de chuvas da região; média mensal; total anual; alturas máximas e mínimas; precipitação total; precipitação máxima em 24 horas.
- d) Informações relevantes de obras de arte corrente existentes no local em estudo com indicação do tipo, comprimento, largura e altura e comprovar, após análises hidrológicas e geométricas quais podem ser aproveitadas. Essas devem ser analisadas e incorporadas aos estudos.
- e) Para caracterização das obras hidráulicas existentes e de eventuais estudos e projetos de aproveitamentos hídricos previstos na região de interesse, incluindo planos diretores, devem ser consultadas as entidades vinculadas à utilização de recursos hídricos.

4.2.2 Processamento dos dados pluviométricos

Os dados pluviométricos serão processados de modo a se obter:

- a) Histogramas das Precipitações Totais Anuais, com número de Dias de Chuva por Ano; Máximas, médias e Mínimas das Precipitações Mensais e do Número de Dias de Chuva Mensais.

b) Metodologia do processamento de dados pluviométricos para a obtenção das curvas intensidade x duração x frequência e altura x duração x frequência, para 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos de observação, no mínimo.

4.2.3 Análise dos dados processados

Para cada obra do Estudo Hidrológico serão definidos os seguintes parâmetros que propiciam o cálculo das Descargas de Projeto (m^3/s):

4.2.3.1 Período de Recorrência

A escolha dos valores a adotar dependerá, basicamente dos seguintes fatores:

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da rodovia, a ser definida formalmente pela GOINFRA;
- Estudo de custo-benefício a partir da avaliação dos danos para descargas maiores que as de projeto, considerando danos a terceiros e custos para a restauração da rodovia;

Em princípio, desde que não haja nenhuma recomendação específica do projetista com devida concordância da equipe de fiscalização de projetos da GOINFRA, os períodos de recorrência, usualmente adotados, conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Período de recorrência.

ESPÉCIE	PERÍODO DE RECORRÊNCIA (anos)
Bueiros de Grotas e Drenagem Superficial	5 a 10 anos
Drenagem Sub-superficial	10 anos
Bueiros Tubulares	como canal: 15 anos
	como orifício: 25 anos
Bueiros Celulares	como canal: 25 anos
	como orifício: 50 anos
Pontilhão	50 anos
Ponte	100 anos

4.2.3.2 Tempo de concentração

O tempo de concentração das bacias deverá ser avaliado por metodologia e modelos usuais, e que apresentem resultados compatíveis e que considerem:

- a) Comprimento e declividade do talvegue principal;
- b) Área da bacia;
- c) Recobrimento vegetal;
- d) Uso do solo;
- e) Outros.

Para as obras de drenagem superficial deverá ser adotado o tempo de concentração mínimo de 5 minutos.

Adota-se, nos projetos da GOINFRA a fórmula de KIRPICH (para área da bacia menor que 0,80 km²) e KIRPICH MODIFICADA (para áreas maiores que 0,80 km²), por ser consideradas mais representativas:

Fórmula de KIRPICH:
$$T_c = 0,39 * \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0,385}$$
 ; p/ Abacia ≤ 0,80 km²

Fórmula de KIRPICH MODIFICADA:
$$T_c = 0,59 * \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0,385}$$
 ; p/ Abacia > 0,80 km²

Onde:

T_c – tempo de concentração em horas

L – Comprimento do talvegue em km

H – Declividade do talvegue em %; H=100*(ΔH/L);

Sendo:

ΔH – desnível do talvegue em metros

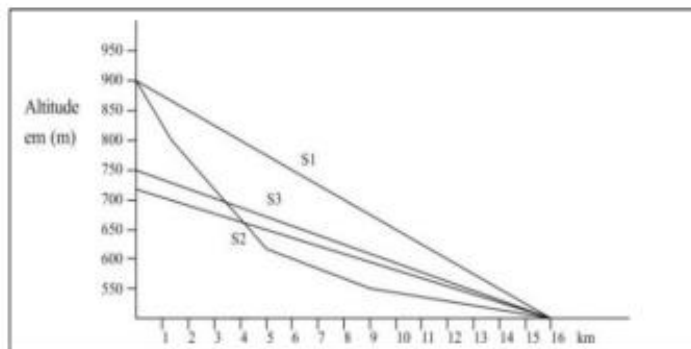
L1 – comprimento do talvegue em metros

- Para o cálculo da declividade média das bacias maiores ou que possuem diferentes relevos ao longo da extensão do talvegue, pode-se utilizar ferramentas internas dos programas de geoprocessamento para obtenção do par cota-distância nos locais de mudança de declividade.

- Assim, de posse do mapa das bacias com curvas de nível, é possível calcular a declividade ou inclinação, entre estes pontos, obtendo-se com o quociente entre o desnível e o comprimento reduzido do horizonte, de três maneiras (S1, S2 ou S3):
- S1 - Une a nascente à foz, dá-nos a declividade máxima, sempre teórica, utilizada para bacias onde o talvegue tenha pequenas variações de cota ao longo do seu comprimento;
- S2 - Declividade média: A área do triângulo formado pelos eixos coordenados e a reta correspondente à inclinação média é igual à área definida pelos eixos coordenados e o perfil longitudinal do rio;
- S3 - Declividade equivalente constante: Obtém-se através da média harmônica ponderada da raiz quadrada das diversas declividades.

$$S_3 = \left[\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right]^2$$

S_i - Declividade de cada trecho; L_i - Comprimento real de cada trecho



De acordo com a inclinação média das vertentes, o relevo pode ser classificado em:

CLASSES DE RELEVO		CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO SEGUNDO A INCLINAÇÃO MÉDIA DAS VERTENTES	
Declividade	Classe	Tipo de relevo	Inclinação
0 - 3%	Relevo plano	Plano	0 a 2%
3 - 6 %	Relevo suave ondulado	Levemente ondulado	2 a 5%
6 - 12%	Relevo ondulado	Ondulado	5 a 10%
12 - 20%	Relevo forte ondulado	Muito ondulado	10 a 20%
20 - 40%	Relevo forte ondulado mais montanhoso	Montanhoso	20 a 50%
40 - 60%	Relevo montanhoso	Muito montanhoso	50 a 100%
> 60%	Fortemente montanhoso	Escarpado	> 100%

Tabela 2: Classificação de relevo.

4.2.3.3 Coeficiente de deflúvio ou escoamento superficial (run-off)

Deverão ser considerados todos os fatores que possam influenciar no escoamento difuso nas vertentes, notadamente no que concerne à:

- a) Características geotopográficas das bacias;
- b) Declividade e recobrimento vegetal das bacias;
- c) Forma e dimensões dos talwegues;
- d) Porosidade e permeabilidade dos solos;
- e) Utilização pretendida para as áreas a montante.

Deverá ser realizada a fixação do Coeficiente de Escoamento (C), para o Método Racional, e o Coeficiente do Complexo Solo – Vegetação (CN), para o Método do Hidrograma Unitário Triangular - (Hut) – que serão indicados para uso nos projetos da GOINFRA, por serem os mais usuais.

Condições de superfície	Orografia	Plano		Ondulado		Montanhoso	
		C	CN	C	CN	C	CN
Áreas urbanizadas, Cerrados, pastagens	A	0,1	50	0,2	55	0,30	65
	B	0,2	55	0,3	60	0,4	70
	C	0,4	60	0,6	65	0,6	75
	D	0,60 - 0,80	70	0,60-0,90	75	0,60 - 1,00	80
Cerrados, pastagens e matas ralas	A	0,2	45	0,3	50	0,4	60
	B	0,25	50	0,35	55	0,45	65
	C	0,3	60	0,4	60	0,5	70
	D	0,4	65	0,5	70	0,6	75
Culturas e pastagens Terraceadas	A	0,1	35	0,3	45	0,4	50
	B	0,2	40	0,35	50	0,45	55
	C	0,3	50	0,4	60	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70
Culturas Terraceadas	A	0,1	30	0,2	40	0,3	50
	B	0,15	40	0,3	50	0,4	55
	C	0,2	50	0,4	55	0,5	60
	D	0,4	60	0,5	65	0,6	70

Tabela 3: Coeficientes.

Onde:

A = Superfície muito permeável (“LOESS” em camadas espessas);

B = Superfície permeável (“LOESS” em camadas rasas e areias);

C = Superfície semipermeável (Solos Siltosos e Argilosos) e

D = Superfície pouco permeável (Solos com argilas expansivas e pavimentos).

4.2.3.4 Determinação das descargas das bacias

Não tendo disponibilidade de dados fluviométricos das bacias em estudo, utiliza-se os seguintes métodos de cálculo das vazões:

a) Método Racional – para bacias com área até 5,00 km², onde para o cálculo da descarga de pico é usual a fórmula:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A$$

Onde:

Qp - Descarga do projeto ou pico de vazão, em m³/s;

C - Coeficiente adimensional de deflúvio ou escoamento superficial;

A - Área da bacia em km²;

I - Intensidade de precipitação, sobre toda a área drenada, dada pela relação:

$$I = \frac{P}{T_c}, \text{ em mm/h}$$

Onde:

P - altura de chuva para o tempo de concentração (mm);

Tc - tempo de concentração, em horas, calculado pela fórmula de Kirpich, apresentada anteriormente.

b) Método Racional Corrigido – para bacia com área entre 5,00 km² e 10,00 km². Devendo ser adotando o coeficiente de retardo dado pela fórmula:

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A \times \varphi$$

Sendo:

$$\varphi = \frac{4,38}{A^{0,20} \times L}, 0,50 \leq \varphi \leq 1,00$$

Onde:

A - área da bacia em km²

L - Comprimento do talvegue em km

c) Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT) – para bacias com áreas superiores a 10,00 km², sendo:

Para as **bacias intermediárias, compreendendo áreas entre 10 e 20 km²**, as descargas de projeto serão determinadas pelo Método do Hidrograma Sintético Triangular, considerando-se no caso o hidrograma formado por uma única ordenada. Neste caso, a precipitação efetiva será obtida a partir da curva “CN” adequada à bacia e da precipitação real obtida para a duração igual ao tempo de concentração da bacia.

$$Q_p = \frac{0,208 * A * P_e}{t_p}$$

Onde:

Q_p= descarga de projeto (m³/s) 0,208 = fator adimensional de conversão de unidades

A = área da bacia drenada (km²)

P_e = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm)

t_c = tempo de pico (horas)

A precipitação efetiva é obtida com base na fórmula proposta pelo “US Soil Conservation Service” que com suas unidades ajustadas ao sistema métrico, apresenta a seguinte forma:

$$P_e = \frac{(P - 5080/CN + 50,80)^2}{P + (20320/CN - 203,2)}$$

Onde:

P_e = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada (mm)

P = precipitação para uma duração D (mm)

D = duração da precipitação (h);

Neste método a duração (D) será determinada através da fórmula:

$$D = 2\sqrt{t_c}$$

t_c = tempo de concentração (horas);

CN = “curve number” (número de deflúvio representativo para o complexo hidrológico solo-vegetação);

O tempo de pico é obtido do valor do tempo de concentração, através da expressão:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0,6t_c$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (horas)

E para as **bacias hidrográficas de maior porte, em geral afluentes, com áreas superiores a 20 km²**, as descargas de projeto serão determinadas através do Método do Hidrograma Unitário Triangular. No entanto os procedimentos do uso da metodologia do HUT deverão variar em função do tempo de concentração da bacia, conforme a seguir:

1 - Quando o tempo de concentração da bacia for inferior a 24 horas a descarga de PROJETO será calculada com a composição de hidrogramas resultante da adoção de quatro hidrogramas parciais com duração (Dt):

$$\Delta t = \frac{T_c}{4} ; T_c \text{ em horas}$$

2 - Quando o tempo de concentração da bacia for superior a 24 horas, serão definidos hidrogramas parciais com duração unitária de 6 horas, considerando-se na definição da descarga o número inteiro de hidrogramas;

$$Dt = \frac{T_c}{6}$$

T_c em horas

Na utilização do método deverão ser adotadas as seguintes expressões:

1) Cálculo de Tempo de Pico (T_p), tempo de ascensão do hidrograma, (h):

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + 0,6T_c$$

Sendo:

Dt = duração de chuva unitária, em horas.

Tc = tempo de concentração, em horas

O tempo de concentração é obtido utilizando-se a Fórmula de Kirpich.

2) Cálculo de Tempo de Retorno (Tr):

$$Tr = 1,67 Tp, \text{ em horas}$$

3) Cálculo de Tempo de Base (Tb):

$$Tb = 2,67 Tp, \text{ em horas}$$

4.2.4 Construção do Hidrograma Unitário Triangular

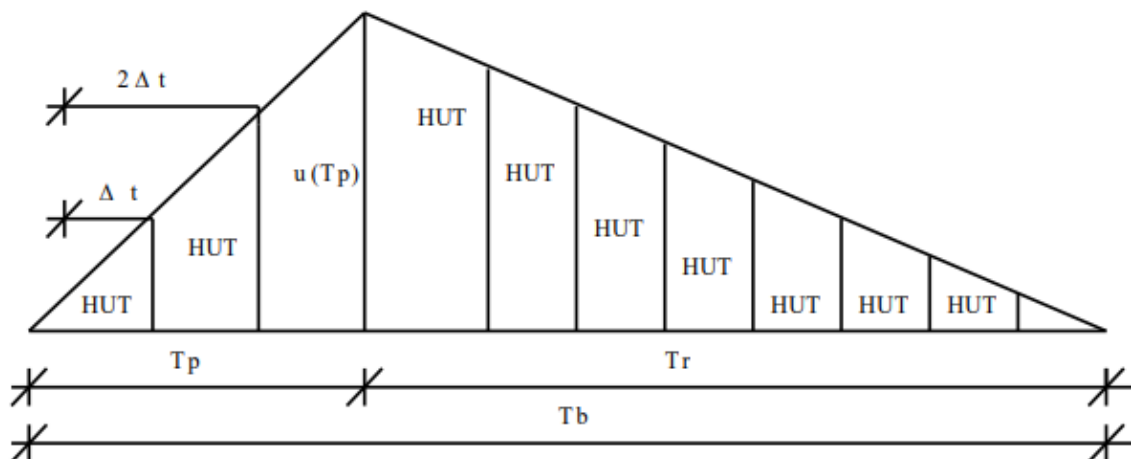


Figura 1: Modelo Hidrograma Unitário Triangular.

Para o cálculo da descarga de pontos do HUT, utiliza-se a fórmula:

$$\mu(T_p) = \frac{2,08 A}{T_p}$$

Onde:

$\mu(Tp)$ = descarga de pico unitária, referente a uma chuva efetiva Pei igual a 1 cm de altura, ocorrida no tempo unitário Dt , $m^3/s/cm$;

A = área da bacia, em km^2 ;

Tp = tempo do pico, em horas;

Para o cálculo do excesso de precipitação, utilizam-se as seguintes expressões:

1.

$$P_m = P_i (1,0 - 0,10 \log A/25),$$

Onde:

P_m = precipitação média (mm)

Cr (coeficiente de redução) = $(1,0 - 0,10 \log A/25)$, segundo Jaime Taborga

A = área da bacia em km^2

P_i = precipitação em mm, $P_i = f(TR; Tc)$ obtida no gráfico de precipitações

2.

$$Pei = \frac{\left[P_m - \left(\frac{5080}{CN} \right) - 50,8 \right]^2}{P_m + \frac{20320}{CN} - 203,2}$$

Sendo:

Pei = chuva efetiva, em mm

CN = complexo solo – vegetação ou número de deflúvio

P_m = precipitação média, em mm

Para cálculo das chuvas efetivas Δq_i parciais os tempos (T_i), faz-se por simples diferença:

$$\Delta q_i = P_{ei} - P_{(ei-i)}$$

Para obtenção do HUT, usam-se as seguintes fórmulas:

$$\text{HUT} = \frac{\mu(T_p) \times T_i}{T_p} ; T_i \leq T_p$$

$$\text{HUT} = \frac{\mu(T_p) \times (T_b - T_i)}{T_r} ; T_i \geq T_p$$

$$\mu(T_p) = 2,08 \times A / T_p$$

Após obtenção das chuvas parciais q_i e do HUT, procede-se à construção da tabela típica para cálculo dos valores de Q_i , pela expressão:

$$Q_i = q_i \times \mu_1 + q_{i-1} \times \mu_2 + q_{i-2} \times \mu_3 + \dots + q_i \times \mu_i$$

Fica determinado que a equipe técnica da GOINFRA, encarregada da análise dos Projetos Rodoviários da Agência, pode a qualquer momento e com a devida justificativa, solicitar e/ou exigir do projetista, além dos itens descritos nesta IP, a apresentação de qualquer outro levantamento ou estudo, dos quais julgarem necessários para a correta apreciação da diretriz de projeto em análise.

Pode-se, alternativamente, recorrer a dados oriundos de trabalhos científicos, como por exemplo o livro *Chuvas Intensas no Brasil* de autoria do Eng. Otto Pfafstetter, que desenvolveu equações de chuva para diversos postos pluviográficos do Brasil, procurando o posto mais próximo e com características meteorológicas (vegetação e quantidade de precipitação) mais semelhantes à área de estudo. Desde que seja apresentada justificativas para a adoção de tal método.

4.2.5 Identificação de soluções de drenagem

É necessário realizar um levantamento e caracterização da estrutura de drenagem existente no local da intervenção, com objetivo de subsidiar a elaboração do projeto de intervenção.

Em casos que seja identificada necessidade de implantação de OAC ou drenagem, deverá ser realizado estudos e projetos para as mesmas conforme suas respectivas Instruções de Projeto vigente e disponíveis no site da GOINFRA.

4.3 Estudos Topográficos

A execução de serviços de topografia para os projetos de obras de pequeno porte, será dividida nas seguintes etapas:

- a) Definição da diretriz definitiva de projeto;
- b) Implantação da Rede Geodésica;
- c) Levantamento Planialtimétrico Cadastral;
- d) Definição e materialização;
- e) Apresentação de relatório, dados, MDT e Planta cadastral com eixo e faixa de domínio definidos.;

4.3.1 Definição da diretriz definitiva de projeto

Esta fase objetiva a obtenção da diretriz e modelos topográficos digitais do terreno, necessários ao estudo da área e à seleção da melhor alternativa para implantação da OAC e dispositivos de drenagens pertinentes.

Os modelos topográficos digitais do terreno utilizados, poderão ser obtidos pelo processo de levantamentos topográficos, geodésicos e de imageamento. Independentemente do método de levantamento adotado todos os dados devem estar georreferenciados usando o Sistema de referência geodésico SIRGAS 2000 e reprojetações para a projeção UTM (Universal transversal Mercator) com indicação do Fuso. Para os projetos inseridos nas áreas de transição dos fusos 22 para o Fuso 23, deverá ser adotado o plano retangular (Topográfico Local, LTM (Local transversal mercator) como referência planimétrica.

O resultado do estudo topográfico para a definição da diretriz de projeto deverá ser elaborado utilizando programas do tipo SIG (Sistemas de informações Geográficas) ou softwares similares, disponibilizando por meio deste: imagens de satélite atualizadas em formato *.Geotiff da diretriz escolhida; camadas vetoriais em geometria de ponto; linha e polígono em extensões que permitam

a visualização em diferentes plataformas SIG, podendo estas serem em *Kml (Keyhole map language), *Shp (Esri shapefile format), *.gpkg (GeoPackage);

Posteriormente esta etapa deverá ser elaborada em programas tipo CAD (Computer aided Design) o traçado das tangentes e pontos de intersecção com suas coordenadas georreferenciadas ao sistema de referência geodésico oficial brasileiro SIRGAS 2000 em coordenadas cartográficas em projeção UTM (Universal Transverso de Mercator) com indicação de Fuso, ou em Plano retangular (Topografico local, LTM) em regiões de transição do Fuso 22 para o Fuso 23.

Casos específicos e atípicos, que porventura não se enquadrem nas especificações e normas da GOINFRA, deverão sempre ser apresentados formalmente pela empresa projetista e/ou profissional projetista, ao departamento responsável pelos Projetos Rodoviários da Diretoria de Manutenção da GOINFRA, para que ele analise o caso e defina como deverá ser conduzido os estudos específicos dele.

4.3.2 Implantação da rede de marcos

A implantação da rede de marcos, deverá seguir as orientações técnicas da NBR 13.133 referente ao seu item 5.3 (Apoio topográfico e sua acurácia). A locação dos marcos deverá preferencialmente ser implantada com o uso de tecnologias de posicionamento geodésico por satélites GNSS, não ficando restrito, em casos especiais, a utilização de métodos topográficos, desde que atendidas as exigências para apresentação dos estudos estabelecidas por esta norma.

A rede de marcos será implantada para fornecer apoio topográfico essencial ao desenvolvimento de projetos de engenharia de infraestrutura rodoviária em Goiás, servindo de base para a execução de todas as atividades de topografia e aerolevanteamento necessárias para a elaboração dos estudos e projetos.

A rede de marcos será implantada seguindo a seguinte estrutura hierárquica:

- Implantação da rede marcos de controle (1° Ordem).
- Implantação da rede marcos da poligonal principal (2° ordem), sendo esse obrigatório apenas nos casos em que será necessário o uso de estação total, sendo este marco para orientação.

Para efeitos desta instrução normativa consideram-se por definição de Marco geodésico uma estação de referência com coordenadas geodésicas tridimensionais conhecidas referenciadas ao sistema geodésico brasileiro (SGB).

Para o posicionamento de bases ou estações de referência materializadas em campo através de marcos geodésicos implantados, obriga-se a realização de pelo menos uma sessão de rastreio

(coleta de dados GNSS), com no mínimo 5 (cinco) horas de duração, seguindo as recomendações preconizadas pelo fabricante do dispositivo. Os marcos de controle implantados para dar apoio geométrico a configuração da rede deverá ser disposta de acordo com arranjo geométrico necessário para implantação da rede controle. Deverá ser selecionado locais limpos fora da área de ação das máquinas de terraplenagem e agrícolas, que garantam sua segurança quanto à sua destruição e deprecação. Durante a coleta de dados em campo deverá ser evitado ao máximo locais que possam interferir no rastreamento e degradar a qualidade de sinais GNSS.

A estrutura física de construção dos marcos deverá ser resistente e garantir sua estabilidade, podendo ser utilizado os modelos disponíveis no Anexo A1 e A2 da IP-02 GOINFRA – Estudos Topográficos. A chapa de identificação do marco deverá seguir o modelo a seguir:

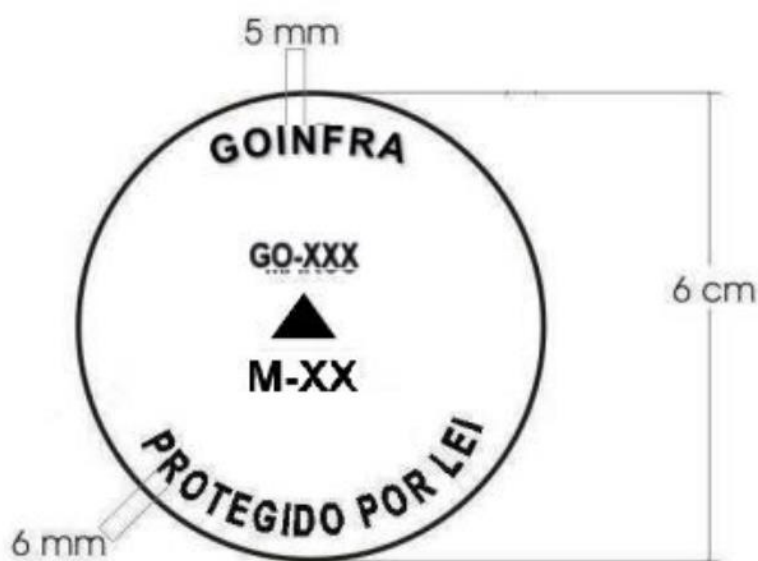


Figura 2: Modelo de chapa metálica de identificação de marco.

Para o posicionamento e georreferenciamento dos marcos físicos, devem ser adotados os seguintes métodos de posicionamento geodésico:

- A. Georreferenciamento do marco utilizando tecnologia GNSS deve ser feito através metodologia de “Posicionamento Relativo Estático (PRE)”, com o tempo de rastreamento mínimo de 5 horas consecutivas, configurado para operar no sistema de projeção em coordenadas geodésicas (latitude e longitude) e altitudes geométricas com o Datum SIRGAS 2000, obtidas com o uso de equipamentos de dupla frequência, com precisão igual ou menor do que 5 mm + 1ppm;

- B. Deve se dar preferência a utilização de estações de referências ativas pertencentes a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo de sistemas GNSS (RBMC), utilizando como referência no mínimo duas estações desta rede, as linhas de base não poderão ser maiores que 300 km para cada estação e a geometria dos vetores formados entre as Estações e o Marco geodésico a ser implantado deverá ser o mais próximo possível de um triângulo equilátero;
- C. Poderá ser utilizado marcos da rede passiva do sistema geodésico brasileiro em caso de inatividade da estação ativa da RBMC, neste caso deverá ser usado estação do tipo GPS-SAT para coordenadas planimétricas e do tipo RN para altitude, ou similares pertencentes a rede estadual desde que homologada pelo IBGE, localizados em raio de 30 km da diretriz definida e com tempo de vistoria oficial do IBGE menor do que 3 anos da última verificação.
- D. As observações rastreadas deverão ser submetidas ao serviço de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) do IBGE, com a finalidade de servirem de parâmetro para a verificar a qualidade das coordenadas planialtimétricas obtidas através dos pós processamento utilizando como referência as estações ativas da RBMC ou estações passivas do tipo GPS-SAT e RN; Diretoria de Obras RN;
- E. O ajustamento das observações deverá ser feito pelo “Método dos Mínimos Quadrados (M.M.Q)”, com precisão de 2 sigma (2 desvios padrão) da média e “Erro Médio Quadrático (RMS)” igual ou menor do que 100 mm, usando como duas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo. O software de processamento deverá ser dotado de algoritmos de combinação de observações, fase da portadora, fixar ambiguidades e com capacidade de processar a fase da portadora; o nível de confiança do ajustamento deve ser maior que 95% (2 Sigma). Deverá ser utilizado o uso de efemérides rápidas ou precisas no processamento dos dados GNSS;
- F. Para garantir a qualidade das observações deverá ser observado o atendimento dos seguintes parâmetros:
- i. PDOP máximo: < 3;
 - ii. Taxa de coleta: Mínima de 1Hz;
 - iii. Horizonte mínimo de rastreamento: 15°;
 - iv. Operar sempre no modo 3D, sendo recomendáveis 3 ou mais satélites rastreados simultaneamente;
 - v. Intervalo de gravação: 1 segundo

- vi. Receptores com um mínimo 128 ou mais canais independentes;
 - vii. Rastreo das principais constelações de satélites (BEIDOU, GPS, GLONASS, GALILEO, QZSS);
 - viii. Modelo da antena: Integrada (interna) ou independente (externa), desde que seja calibrada pelo NGS (National Geodetic Service), órgão do governo americano com atribuições semelhantes ao IBGE no que diz respeito à gestão da infraestrutura geodésica nacional dos EUA;
- G. O rastreo das observáveis deve ser planejado e executado de modo a coletar minimamente as observações de fase das portadoras de toda a constelação GNSS disponível – e suportada pelos equipamentos – à época do levantamento, utilizando-se a taxa de coleta de 1Hz.

A implantação da rede de marcos da poligonal principal (2ª ordem) deverá ser rastreada a partir do marco base implantado com rastreo mínimo de 20 minutos para linha de base de até 10 km, e devem ser adotados os métodos de posicionamento geodésico relacionados nos itens de A a G citados anteriormente. Para linhas de base maiores de 10 km deverá ser adotado a **Tabela 3.2 - Precisão do posicionamento relativo em função do tempo de observação, equipamento utilizado e comprimento da linha de base** determinada pelo IBGE 2008 no documento RECOMENDAÇÕES PARA LEVANTAMENTOS RELATIVOS ESTÁTICOS – GPS.

4.3.3 Referenciais altimétricos

O nivelamento altimétrico deverá ser executado preferencialmente com uso de tecnologia GNSS e as altitudes geométricas obtidas pelos métodos de posicionamento geodésico, deverão ser convertidas a partir do valor da ondulação geoidal obtida através do modelo Hgeohnor2020 (disponibilizado pelo IBGE ou outro modelo vigente à época do levantamento) para altitudes normais, conforme recomendações da NBR 13.133 em seu item 5.5.4 (Nivelamento com uso de tecnologia GNSS).

Deverá ser adotado como valor de correção da anomalia gravitacional (Ondulação geoidal), o valor disponibilizado para um marco da rede controle, obtido através do interpolador HgeoHNOR2020, onde este fator servirá para converter as altitudes geométricas para altitude ortométrica normal de todo o projeto.

Em casos específicos, o a serem previamente definidos pelo corpo técnico da GOINFRA, o nivelamento das altitudes poderá ser obtido por métodos de nivelamento trigonométrico ou nivelamento geométrico.

Para o nivelamento trigonométrico deverá ser atendido as condições da NBR 13.133 em seu item 5.5.3 (Nivelamento Trigonométrico), neste método é feita a medição da diferença de altura entre os pontos do terreno, a partir da leitura do ângulo vertical gerado pela linha de visada ao alvo. Essa medição considera a altura do centro ótico e do alvo sobre o terreno. Poderá ser empregado o uso de Estação total, Estação total robótica, Lasers scanners 3D.

Para o uso de nivelamento geométrico deverá ser atendido as condições da NBR 13.133 em seu item 5.5.2 (Nivelamento Geométrico), onde as diferenças de nível (altitudes ou cotas) são determinadas diretamente com uso de mira vertical com visadas a ré e avante o nivelamento deve iniciar em uma Referência de nível (RN) conhecida e o transporte de altitudes deverá ser feito utilizando uma seção de duplo nivelamento (ida e volta), deverá ser distribuído ao longo do caminhamento do transporte pontos de segurança, com média de 1 km entre eles. As visadas máximas medidas nas miras não podem ultrapassar 80 m de distância e não pode ser feito leituras onde as visadas passem a menos de 30 cm de uma superfície para se evitar o efeito de refração.

4.3.4 Regras para a verificação do erro relativo linear

Com objetivo de verificar a qualidade das operações de rastreo em campo deverá ser checado o erro relativo de fechamento linear com o objetivo de verificar a precisão da poligonal implantada para isso deverá atender os seguintes parâmetros de transporte:

Tabela 4: Precisões Mínimas Requeridas para pontos GNSS

Precisões Mínimas Requeridas		
	Precisões mínimas requeridas para estações de referência GNSS (Marco base 1º Ordem) Método de Posicionamento: Relativo Estático	Precisões mínimas requeridas para pontos GNSS não categorizados como estações de referência (2º Ordem)
Horizontal	1,5 cm + 0,5 ppm	2 cm + 0,5 ppm
Vertical	3,0 cm + 0,5 ppm	4 cm + 0,5 ppm

Fonte: Instrução Normativa nº 55 DNIT. Anexo I.

4.3.5 Relatório de implantação da rede de marcos topográficos e arquivos digitais

A implantação da rede marcos topográficos deverão ser descritos no capítulo Estudos Topográficos do Volume 1, os arquivos provenientes do estudo deverão ser nomeados conforme determinado no Procedimento Operacional Padrão (POP) DMA disponibilizado no site da GOINFRA.

Deverá ser contemplado os seguintes itens no corpo do relatório de Estudo Topográficos do Volume 1:

1. Metodologia de implantação da rede geodésica de apoio topográfico; Anotações de data, horário, altura da antena e condições de rastreamento;
2. Apresentação das especificações técnicas;
3. Fotos georreferenciadas dos equipamentos utilizados durante a execução das operações de rastreamento;
4. Descritivos oficiais do IBGE das estações ativas ou passivas do SGB como referência;
5. Mapa de localização da implantação da rede marco topográficos de controle e da poligonal principal exibindo todos os vetores de ajustamento utilizados.
6. Apresentar resumo da tabela extraída da exportação do relatório de processamento das linhas bases das Estações de referência do SGB para a rede marcos de controle implantada (1º ordem e 2º Ordem), contendo as seguintes informações: Linha de base, Tipo de solução de ambiguidades, PDOP, VDOP, Azimute Norte, Distância elipsoidal, Altura Elipsoidal e Distância Vertical.
7. Apresentar relatório de ajustamento do software de processamento para o marco base implantado.
8. Monografia dos marcos geodésicos implantados conforme modelo instituído pela IP-02 GOINFRA – Estudos Topográficos em seu Anexo A4;

4.3.6 Levantamento cadastral

4.3.6.1 Levantamento da diretriz definitiva

Após implantação e materialização dos vértices da poligonal principal implantada, representada pela rede de marcos deve ser realizado o levantamento planialtimétrico cadastral da faixa de interesse para implantação, restauração ou melhorias da rodovia. O tamanho da largura da faixa de interesse a ser levantada seguirá os seguintes critérios:

- A. A faixa de levantamento para projetos de implantação deve coincidir com a faixa de domínio, com largura mínima de 40 (quarenta) metros para cada lado a partir do eixo a ser implantado;
- B. Nos casos de restauração a faixa de levantamento deverá coincidir com a área da obra a ser restaurada;
- C. Para obras de melhorias além da faixa onde a obra está construída deverá ser levantado toda área necessária para a aplicação da solução de melhoria a ser implementada.

Para a modelagem do terreno, devem ser feitos levantamentos de pontos a partir dos vértices da poligonal principal implantada, com o objetivo de formar uma nuvem de pontos que caracterize adequadamente o relevo local.

Os estudos devem ser realizados por profissionais qualificados, que assumirão a responsabilidade pela precisão dos dados e análises geradas. O propósito desta etapa é a criação do Modelo Digital de Terreno (MDT) da superfície primitiva, que servirá de base para o desenvolvimento dos estudos e projetos subsequentes, assim como para a definição no campo do eixo definitivo do projeto executivo da obra a ser realizada.

O modelo digital de terreno (MDT), poderá ser desenvolvido por intermédio de levantamento topográfico cadastral planialtimétrico através de tecnologia GNSS, sendo permitido utilizar os métodos de posicionamento relativo semicinemático (stop-and-go) ou cinemático, tanto em tempo real RTK (Real Time Kinematic) quanto pós-processados PPK (Post-Processed Kinematic). No caso de utilização de posicionamento RTK, pode-se utilizar tanto o método convencional quanto RTK em rede além de soluções proprietárias disponibilizadas por diversos fabricantes de equipamentos receptores que disponibilizam correções através de redes de Internet móvel ou via satélite.

Independentemente do tipo de ponto levantado e do método de posicionamento geodésico utilizado, a solução dos vetores de ambiguidades deve ser sempre fixa, e o valor de PDOP sempre inferior 3 (três) de modo a assegurar as precisões mínimas preconizadas por esta Instrução Normativa.

Poderá ser empregado técnicas de imageamento com o uso de V.A.N.T (Veículo Aéreo Não Tripulado) do tipo Quadrimotor ou Asa fixa, equipados com antenas capazes de receber correção em tempo Real RTK (Real Time Kinematic), a partir de receptores com tecnologia “GNSS” de dupla frequência, em modo estático com precisão igual ou menor do que 5 mm + 1 ppm, capazes de transportar cargas que suportem câmeras multiespectrais, sensores LIDAR (Light Detection and Ranging) ou câmeras do tipo P1 escaneamento preciso do terreno com cobertura vegetal densa . O processamento de imagens obtidas por câmeras multiespectrais do tipo P ou o levantamento utilizando sensores LIDAR deverão obrigatoriamente ter como referência a rede de marcos geodésicos implantada e a nuvem de pontos deverá ser classificada de acordo com a sua tipologia física.

O cadastro deverá ser realizado com o objetivo de caracterizar a superfície, as construções, as benfeitorias, as intersecções, as propriedades limítrofes com a faixa de domínio, e outros elementos de importância para o projeto da via.

No levantamento da superfície deverão ser capturados todos os pontos notáveis, que determinam o relevo, que a caracterize, com densidade mínima de pontos por hectare conforme determinado na tabela 2, e com espaçamento máximo de 20 metros entre os pontos, devendo o projetista avaliar

a necessidade de complementação destes pontos de forma a garantir a fiel representação da superfície local.

Tabela 5: densidade mínima de pontos por hectare

Densidade mínima de pontos a serem medidos por hectare		
Terreno com declividade acima de 20 %	Terreno com declividade entre 10% e 20 %	Terreno com declividade de até 10 %
60	50	40

Fonte: NBR 13113/94 Levantamento planialtimétrico cadastral (resumo), pág. 15.

Em resumo, devem ser cadastradas todas as incidências de interesse do projeto, especialmente em:

- Rios e córregos (margens, fundos, barrancos e meandros);
- Nascentes d'água;
- Bueiros, pontes e viadutos;
- Grotas, cristas e fundos de talwegues;
- Início e fim de cada aclave ou declive e quebras do terreno;
- Vias de acesso e vias laterais;
- Cercas e divisas;
- Imóveis e edificações próximas à via;
- Serviços de utilidade pública (postes, torres elétricas, rede de esgoto e água);
- Valas e erosões;
- As cristas e pés de taludes e bancadas;
- Pontos de passagem, Cortes/Aterros;
- Locais com escorregamento de taludes (cadastramento das trincas e sinais de ruptura);
- Início e fim de cada segmento ou trecho;
- Espécies vegetais de grande porte ou de relevância para a flora e meio ambiente;
- Áreas especiais (áreas institucionais e áreas de reserva ambiental);
- Áreas de empréstimos e de ocorrência de materiais para pavimentação;

- Demais acidentes topográficos;

4.3.6.2 Levantamento das ocorrências ambientais

As ocorrências ambientais deveram ser levantadas utilizando como referência imagens de satélites disponibilizadas por provedores vinculados a agências espaciais governamentais ou privadas, ou imagens produtos de aerolevantamentos e seus dados devem ser cruzados com informações vetoriais disponibilizadas por fontes oficiais governamentais de dados geográficos em uma ferramenta SIG ou similar, sendo elas georreferenciadas ao mesmo sistema de coordenadas adotado no projeto e apresentadas a partir de mapas temáticos que representem feições de uso do solo da faixa de servidão da diretriz de projeto.

O para o levantamento das ocorrências ambientais, deverá primeiro ser construído um banco de dados com informações geográficas.

Deverá ser apresentado no estudo de topografia o levantamento de todas as feições ambientais que interceptam a faixa de domínio da diretriz adotada, como:

- Áreas de preservação permanente (APP);
- Árvores isoladas;
- Áreas de proteção ambiental (APA);
- Assentamentos rurais;
- Áreas de uso restrito;
- Áreas de uso consolidado;
- Áreas de comunidades e povos tradicionais;
- Cavidades localizadas em até um raio de 200m da faixa de servidão;

4.3.6.3 Levantamento das ocorrências hidrológicas

Todas as ocorrências hidrológicas para a caracterização da área, do perímetro, comprimento e inclinação de talvegue, deverão ser levantadas a partir de imagens de satélites, para facilitar a identificação das ocorrências, sendo elas georreferenciadas no sistema de coordenadas e de referência, adotados no projeto da via ou a partir de mapas temáticos, estes também obtidos no mesmo sistema de coordenadas e de referência. Serão cadastradas todas as obras de arte correntes existentes no trecho, informando sobre os nivelamentos do leito, NA, soleiras, muros de

testa, cristas de taludes, seção longitudinal do talvegue, bem como serão anotadas sua: posição, tipo, dimensão, estado de funcionamento e conservação.

Igualmente serão levantadas as Obras de Arte Especiais existentes cortadas pelo eixo locado, e serão anotados os dados principais como: comprimento, largura, croquis da seção longitudinal e transversal, estado de conservação, sistema estrutural. Sob o ponto de vista hidráulico, será feito um levantamento batimétrico de 5 em 5 metros, ao longo do eixo da rodovia possibilitando definir a seção transversal do curso d'água sob a OAE. Também deverá ser feito o levantamento batimétrico de 10 em 10 metros, ao longo do eixo do curso d'água numa extensão de 100 metros, para cada lado (montante e a jusante) do eixo da rodovia para obtenção do perfil de fundo do rio. Para as obras de arte especiais novas deverá ser feito o levantamento cadastral planialtimétrico de toda sua área de implantação, além de ser necessária a execução do levantamento batimétrico das seções longitudinais dos talvegues, com a finalidade de se projetar os bueiros de grota. O levantamento das obras de arte especiais novas obedecerá às seguintes etapas:

- A. Estaqueamento de 5 em 5 metros ao longo do eixo da estrada, antes e depois de cada barranco, efetuando-se o nivelamento e batimetria possibilitando definir a seção transversal do curso d'água sob a OAE;
- B. Cadastro planialtimétrico de cada barranco, no mínimo 50 metros a jusante, e 50 metros a montante do ponto de travessia, efetuando o nivelamento do curso d'água no trecho;
- C. Também deverá ser feito o levantamento batimétrico de 10 em 10 metros, ao longo do eixo do curso d'água numa extensão de 50 metros, para cada lado (montante e a jusante) do eixo da rodovia para obtenção do perfil de fundo do rio;
- D. Anotar e determinar as altitudes das evidências de enchente máxima, afloramento de rocha e natureza dos barrancos;

Para a execução do levantamento batimétrico poderá ser utilizado as seguintes tecnologias:

- A. Empregos de receptores GNSS/RTK utilizando bastões extensíveis;
- B. Sistemas de veículos de superfície aquáticas não tripulado com sistemas integrados de GNSS e batimetria;
- C. Sistemas de sonar multifeixe: Utilizam múltiplos feixes sonares para gerar um mapa 3D do fundo do rio, compatíveis sistemas GNSS;

4.3.6.4 Levantamento das ocorrências de materiais para construção

O levantamento das ocorrências dos materiais selecionados conforme os estudos geotécnicos para pavimentação e empréstimos concentrados, especialmente nas camadas de aterro e nos estratos superiores de terraplenagem, deve ser realizado utilizando a mesma projeção cartográfica e sistema de referência geodésica adotados no projeto, de acordo com o Sistema Geodésico Brasileiro oficial SIRGAS 2000 e o fuso de coordenadas UTM designado para a área em questão.

4.3.6.5 Levantamento de cadastro de propriedades e benfeitorias

Além do levantamento dos pontos para a definição da superfície, deverão ser realizados também os levantamentos de pontos para o devido cadastro das propriedades, das benfeitorias, das obras existentes, das interseções, das caracterizações dos cursos d'água e outros elementos que interfiram na determinação da diretriz da via ou de qualquer outro dispositivo que venha a complementar o projeto rodoviário. Para otimizar o processo de cadastro de propriedades poderá ser utilizadas informações vetoriais provenientes das seguintes fontes de gestão fundiária governamentais para auxílio a demarcação in loco, como: • Cadastro Ambiental Rural (CAR); • Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER); • Sistema de gestão fundiária (SIGEF);

4.3.7 Definição e materialização do eixo longitudinal

Finalizado o levantamento cadastral planialtimétrico conforme recomendações do item 4.1.3 desta Instrução normativa, deverá ser elaborado com base em todas as informações cadastrais levantadas a definição do eixo longitudinal de projeto.

Todas as informações locadas, deverão estar representadas em um software de desenho computacional no qual nesta fase já se prevê que esteja representado a rede de marcos topográficos implantados, poligonal principal, levantamento cadastral planialtimétrico, curvas de nível de 1 em 1 metro e modelo digital de terreno com sua triangulação devidamente ajustada para permitir a representação adequada da superfície existente.

O eixo longitudinal deverá ser materializado locando pontos de 20 em 20 metros a partir da origem da diretriz da via projetada. Estes pontos deverão estar amarrados aos pontos já existentes em levantamentos anteriores, mantendo o mesmo plano de referência para as coordenadas planimétricas e alturas. Além destes pontos também deverão ser locados os pontos notáveis da superfície, de curvas (PC, PT, PI, TS, SC, CS e ST), de cursos d'água, de obras existentes e de interseções.

A numeração dos pontos locados começará com o valor 0 (Zero) e seguirá de forma contínua, crescendo de uma unidade para os demais dispostos a cada 20 metros concatenados. Os pontos que não se situam a cada 20 metros, ou seja, estão em uma posição intermediária aos pontos de 20 metros são numerados com o número anterior mais o valor em metros deste ponto até o ponto em questão (valor menor do que 20 metros).

As amarrações planialtimétricas dos pontos do eixo deverá ser a partir de rede marcos da poligonal principal implantada conforme recomendações desta Instrução normativa.

Quando se utilizar tecnologia GNSS, independentemente do tipo de ponto levantado e do método de posicionamento geodésico utilizado, a solução dos vetores de ambiguidades deve ser sempre fixa e deverá ser apresentado o arquivo bruto da execução de todo o levantamento em formato *.RAW, *RAW5, *.NMEA de modo a assegurar as precisões mínimas e garantir a rastreabilidade da execução do levantamento conforme preconizado por esta Instrução Normativa.

Casos específicos e atípicos, que porventura não se enquadrem nas especificações e normas da GOINFRA, deverão sempre ser apresentados formalmente pela empresa projetista e/ou profissional projetista, ao departamento responsável pelos Projetos Rodoviários da GOINFRA, para que ele analise o caso e defina como deverá ser conduzido os estudos específicos dos mesmos.

4.4 Estudos geotécnicos

Os estudos geotécnicos para projetos de pequeno porte devem ser elaborados, conduzidos e apresentados conforme orientações e determinações dos itens a seguir:

4.4.1 Zona erodida

Devem ser apresentados parâmetros físicos e mecânicos do solo na zona erodida e suas adjacências, levando em consideração a zona de aplicação da solução a ser projetada. Realizar coletas de amostras da zona erodida com relatórios fotográficos georreferenciados evidenciando as suas condições.

Seguem os ensaios de caracterização do material dentro das zonas de interesse do estudo geotécnico:

- a) Análise granulométrica por peneiramento simples e sedimentação;
- b) Índices físicos, (LL, IP);
- c) Compactação;
- d) Índice de Suporte Califórnia ISC;

- e) Expansão;
- f) Densidade “in situ”;
- g)

4.4.2 Estudo de empréstimo para corpo de aterro

As regiões para caixa de empréstimo de material com parâmetros e comportamento desejado. Seguem os ensaios de caracterização do material dentro das zonas de interesse do estudo geotécnico:

- a) Análise granulométrica por peneiramento simples e sedimentação;
- b) Índices físicos, (LL, IP);
- c) Compactação e ISC;
- d) Expansão;
- e) Densidade “in situ”;

Nas caixas de empréstimo laterais, a profundidade a ser explorada deverá ser limitada a, no máximo, 2,00 metros.

4.5 Estudos de concepção - estabilização de talude e interrupção do processo erosivo

4.5.1 Análise do solo

Devem ser realizados estudos detalhados das características físicas, químicas e mecânicas do solo, acompanhados de análises dos resultados dos ensaios geotécnicos e demais levantamentos. Essas análises devem fundamentar a elaboração da solução a ser adotada, seja pelo cálculo de estabilidade de talude, em caso de retaludamento, seja pela determinação do empuxo de solo, em caso de execução de contenção.

4.5.2 Topografia e geomorfologia

Devem ser realizadas análises sobre forma e inclinação do terreno, que influenciam diretamente a dinâmica de escoamento superficial e a propensão a deslizamentos. Levantamentos topográficos e modelos digitais do terreno são ferramentas imprescindíveis para essa etapa de verificação e estudo.

4.5.3 Estudo dos padrões de precipitação, drenagem e fluxo de água na área

A erosão frequentemente está ligada ao manejo inadequado de águas pluviais, que podem aumentar a velocidade e o volume de escoamento, exacerbando a degradação do solo, levando a carreamento do mesmo e até o colapso da estrutura de drenagem. Em virtude disso deve ser realizado uma fase de estudo dos padrões de precipitação da região, verificação de dimensionamento dos elementos da estrutura a montante e panorama amplo de comportamento destes sistemas, de maneira a subsidiar a elaboração e abrangência da solução de forma adequada e eficiente.

4.5.4 Uso e cobertura do solo

Em relação ao uso do solo na região da intervenção, deve ser realizado um estudo de avaliação da utilização do terreno na região de influência do projeto, como agricultura, urbanização, desmatamento e contribuições irregulares ou imprevisíveis ao dimensionamento inicial dos sistemas.

4.5.5 Identificação de soluções de drenagem

É necessário realizar um levantamento e caracterização da estrutura de drenagem existente no local da intervenção, com objetivo de subsidiar a elaboração do projeto de intervenção.

4.5.6 Estrutura de engenharia

No processo de identificação da solução mais viável para recuperação do processo erosivo. devem ser priorizadas intervenções que não envolvam prejuízo do ecossistema e da paisagem natural, tais como retaludamento reforçado com geossintéticos, revegetação e muros de gravidade, que não impermeabilizem completamente o maciço de solo. Em casos excepcionais, podem ser adotadas soluções como: concreto projetado, terra armada, solo grampeado, pedra argamassada e correlatos.

4.6 Fase de projeto

A Fase de Projeto tem como principal finalidade, consolidar os estudos realizados na fase Preliminar, desenvolvendo a partir deles as conclusões e recomendações necessárias para o desenvolvimento do Projeto de Tratamento de Processos Erosivos, mediante aprovação prévia do órgão, conforme discriminado a seguir. Todos os trabalhos desenvolvidos deverão ser executados

e elaborados por profissionais qualificados, responsáveis pela veracidade dos estudos e dados gerados.

4.7 Projetos de terraplenagem

Iniciar pesquisas para a determinação de possíveis locais de caixas de empréstimos. Para tanto, identificar com base em dados preexistentes as áreas empregadas para obtenção de material de empréstimo para outras obras na região e verificar, ainda, a conveniência da localização de cada uma em relação ao projeto em foco, sob o duplo aspecto de distância e interferência com o tráfego urbano.

Existindo solos moles, identificados e quantificados nos estudos geotécnicos, devem ser realizados estudos identificando soluções alternativas para construção de aterros sobre solos moles, e posterior apresentação das possibilidades à equipe de projeto da GOINFRA, para escolha da solução mais adequada para cada caso.

Na fase do Projeto Executivo de Terraplenagem deverão ser apresentados os estudos finais, devidamente detalhados, devendo conter no mínimo:

- a) Cálculo de cubação do movimento de terra, com a classificação dos materiais escavados, separando o volume dos materiais a serem empregados em cada camada projetada;
- b) Cálculo das distâncias de transporte dos materiais utilizados no projeto;
- c) Detalhes das seções transversais-tipo e soluções particulares;
- d) Emissão das notas de serviço de terraplenagem. As notas de serviços de terraplenagem e as planilhas do cálculo dos volumes devem ser apresentadas conforme estimativa de volumes quantificados;
- e) Estudo das fundações de aterro nos locais onde existem solos compressíveis com baixa capacidade de suporte, com levantamentos de sondagem tipo SPT de forma a estimar o seu volume.

Para confecção do Projeto Executivo de Terraplenagem deverão ser observadas as seguintes condições gerais:

- As seções transversais de terraplenagem devem ter sua largura 1,00 metro (0,5 metros para cada lado), maior que a largura do off set da área limite do processo erosivo levantado na topografia. Para casos especiais, onde não se tenha a possibilidade de aplicação da largura determinada, deverá o projetista justificar e comprovar tal impossibilidade junto ao setor de Projetos Rodoviários da GOINFRA, para que o mesmo analise e se manifeste sobre o caso;

- O empolamento a ser considerado deve ser ensaiado para cada empréstimo individualmente, e tratado estatisticamente, considerando a relação entre as densidades in natura e compactada. O empolamento entre o material in natura e solto já é considerado na composição de custo. As perdas durante o transporte também são consideradas na composição de custo.

Com vistas à proteção do meio ambiente, o Projeto de Terraplenagem deverá considerar na sua elaboração alguns procedimentos, dentre os quais se pode destacar:

- As seções transversais das ocorrências de material das escavações para empréstimos e bota-foras serão projetadas de modo que o terreno escavado restitua a conformação natural. Detalhar suficientemente a localização e dimensões, com cotas de afastamento do eixo, comprimento, largura, profundidade, rampas e taludes, bem como os acabamentos destinados a facilitar a drenagem e evitar erosões;
- O projeto deverá conter indicações do tratamento corretivo a ser dado aos bota-foras e caixas de empréstimos existentes;
- Nas situações em que forem utilizados empréstimos laterais (bota-dentro) indicar os cuidados especiais de drenagem das caixas de empréstimos, evitando o acúmulo de águas das chuvas que poderão originar o aparecimento de vetores nocivos;

Nas especificações complementares a serem elaboradas pelos consultores, deverão constar os procedimentos para a execução da terraplenagem, para aproveitar ao máximo a flora nativa e a camada de terra vegetal que servirá de capeamento das áreas cortadas e aterradas.

4.8 Projeto de contenção

Na etapa de dimensionamento geotécnico foram verificadas as características a serem atendidas por cada sistema e elemento que compõe os projetos. Sendo elas a avaliação de propriedades dos materiais, análise de estabilidade dos taludes, cálculo dos fatores de segurança, avaliação da necessidade de sistema de contenção estruturado, determinação e pré-dimensionamento das contenções se necessárias, cálculo dos fatores de segurança aplicáveis e medidas de estabilização adicionais aos sistemas.

Nos casos em que se faça necessário uma estrutura de contenção, deve ser elaborado um projeto de contenção com as seguintes etapas, verificações, avaliações e diretrizes:

4.8.1 Seleção do tipo de estrutura de contenção

Levando em consideração os estudos, caracterizações, levantamentos e a solução de projeto adotada, devem ser feitos, quando necessário, a escolha do tipo de estrutura de contenção a ser utilizada. Essa escolha deve ser embasada e justificada pela análise das informações disponíveis do solo, altura dos taludes, estimativa de custo, disponibilidade de materiais, impacto ambiental e demais informações relevantes particulares de cada caso.

4.8.1.1 Estruturas de contenção

As estruturas de contenção de solos são elementos construtivos projetados para estabilizar massas de solo em declive, prevenindo deslizamentos, erosões e deformações que possam comprometer a segurança e a integridade da rodovia ou de seus sistemas complementares. Os tipos mais aplicados de contenções são muros de arrimo, cortinas atirantadas, gabiões e terra armada, cada uma dessas soluções deve ser aplicada sobre a indicação e justificativa de sua necessidade, conforme as características geotécnicas do solo, a altura do talude, as cargas atuantes e as condições ambientais. Estes elementos podem ainda incorporar soluções de drenagem e reforço vegetal, visando à durabilidade e à integração com o meio ambiente.

Deve ser realizado uma análise da necessidade de implantação de um sistema de contenção, levando em consideração a topografia do terreno, fatores geotécnicos, nível do lençol freático, cálculo do empuxo, carga atuante e sobre carga proveniente do tráfego.

Devem ser apresentados os memoriais de cálculo de verificação da necessidade de implantação ou não de uma estrutura de contenção, detalhando a origem das informações primárias, indicação do método de verificação, memorial de cálculo bruto e exposição dos resultados.

Análise de drenagem nas estruturas de contenção

O controle e condução do fluxo de água é essencial para o desempenho das estruturas de contenção. Sistemas de drenagem devem ser projetados para aliviar pressões de água que possam comprometer a estabilidade estrutural das contenções e garantir o funcionamento esperado dos sistemas projetados.

Devem ser apresentados os memoriais de cálculo que demonstrem a capacidade do sistema projetado de suprir as demandas de condução do fluxo de água necessárias ao perfeito funcionamento da estrutura, dentro das considerações de dimensionamento

4.8.1.2 Revegetação dos taludes

A revegetação é uma técnica complementar que irá ajudar a estabilizar a superfície do solo e reduzir a velocidade da água superficial, contribuindo para a prevenção do processo erosivo e recuperação do ecossistema local.

Deve ser realizado estudo de espécies de vegetação existentes e nativas da região, avaliar suas capacidades de cobertura vegetal, demonstrar sua aplicabilidade na revegetação e estabilização do solo.

4.8.1.3 Técnicas de reforço de solo

Devem ser previstos em projeto os elementos geossintéticos, como mantas geotêxtis, onde suas características se façam necessárias, como na separação de camadas de materiais com diferentes granulometrias, na prevenção do processo de colmatagem e correlatos.

Deve ser levado em consideração para a elaboração de projetos o ganho de segurança, estabilidade e eficiência na utilização de geossintéticos incorporados a solução proposta, como geogrelhas monoaxiais, biaxiais e correlatos.

4.9 Projeto de drenagem superficial e profunda

Caso algum dos estudos indiquem a presença de águas subterrâneas é necessário a apresentação de estudo de sazonalidade dessas informações, bem como o dimensionamento e detalhamento de soluções em drenos profundos, com o intuito de alívio de pressões neutras e gradientes hidráulicos que possam causar erosões à jusante dos taludes e, em caso de contenções, reduzir as tensões de empuxo e elevar a sucção no solo, de modo a aumentar o fator de segurança do sistema estrutural.

Há de se compreender a importância do projeto de drenagem na prevenção do avanço de processos erosivos e no reaparecimento destes que ocorrem em sua maioria devido a destinação inadequada de águas pluviais, sendo necessário ao projeto de drenagem a observação dessas possibilidades e elaboração de solução em abrangência compatível.

A escolha da solução definitiva será efetuada de acordo com os critérios técnico, econômico, estético e administrativo, utilizando-se preferencialmente os sistemas e dispositivos de drenagem definidos na IP-13 - 2018/001 GOINFRA, devendo abranger, de acordo com a necessidade, os seguintes sistemas de drenagem:

- Drenagem superficial;
- Drenagem do pavimento ou subsuperficial;

- Drenagem subterrânea ou profunda;
- Drenagem de travessia urbana;
- Drenagem de transposição de talvegues.
- Deverão ser relacionados todos os elementos necessários à construção da obra, sendo desenvolvidos do seguinte modo:
- As diversas estruturas que compõem o projeto de drenagem serão dimensionadas pelos métodos e fórmulas consagradas, devendo ser apresentada a memória de cálculo em que constem as normas e especificações adotadas, as hipóteses de cálculos, os valores dos condicionantes do projeto, as verificações de trabalho e os esforços e taxas resultantes;
- Desenhos de execução definidos por plantas, gráficos e tabelas. Neles devem estar incluídos a locação em planta, o perfil, possíveis escavações, regularizações e contenções que se fizerem necessárias; as dimensões de todas as peças; os materiais construtivos de cada uma, com especificações e quantitativos perfeitamente definidos; os planos de lançamento ou montagem, escoramento, processos construtivos, acabamentos e providências especiais para a execução da obra, caso necessário;
- Quando for o caso distinguir no desenho os dispositivos existentes, os dispositivos a serem demolidos, os dispositivos a serem prolongados, e os dispositivos projetados através de legendas bem definidas. Informar os elementos essenciais ao claro entendimento do sistema de drenagem existente em relação ao projetado. Os Projetos-tipo dos Dispositivos de Drenagem devem atender ao desenho no álbum de Projeto-tipo de Dispositivo de Drenagem, do DNIT, ou outro adotado pela GOINFRA;
- Todos os serviços a serem executados deverão seguir especificação, quantitativo, custo e metodologia de acordo com as Normas, da GOINFRA ou, nos casos não contemplados, apresentar especificações complementares nos mesmos moldes,
- No plano de execução da obra devem ser definidas as condições como prazos de execução e quantificação dos equipamentos e pessoal técnico, indicação do canteiro da obra e posição das instalações, jazidas e fontes de materiais, com suas distâncias de transporte e acessos.

4.10 Projeto de paisagismo e revegetação

Deve ser realizado estudo de espécies de vegetação existentes e nativas da região, avaliar suas capacidades de cobertura vegetal, demonstrar sua aplicabilidade na revegetação e estabilização do solo.

4.11 Projeto de obras complementares

Obras complementares em projetos de engenharia rodoviária referem-se a uma série de intervenções adicionais que, embora não façam parte da construção da pista principal, são essenciais para o funcionamento, segurança, e durabilidade da rodovia. Essas obras são fundamentais para assegurar que a rodovia funcione de maneira eficiente, segura e sustentável ao longo do tempo.

Deve ser verificada a existência de todo e qualquer elemento que possa interferir nos elementos projetados bem como o andamento de sua execução, como caminhos de serviço, movimentação de máquinas e insumos. Os principais itens a serem verificados são listados a seguir:

4.11.1 Interferências de estruturas de transmissão e iluminação

Realocação de postes destinados a iluminação, distribuição ou transmissão.

4.11.2 Remoção e implantação de cercas de divisa

Frequentemente uma intervenção em rodovia acarreta a realocação de cercas de divisa das propriedades adjacentes a faixa de domínio. Deve ser verificada a possibilidade de retirada e realocação da mesma estrutura de cercamento existente ou a necessidade de substituição das cercas nesse processo, acessos às propriedades adjacentes já existentes e correlatos.

4.11.3 Implantação de defensas metálicas e barreiras longitudinais

Devem ser atendidos os critérios de verificação para implantação de dispositivos auxiliares do tipo contenção longitudinal, conforme ABNT NBR 6971:2023 - Dispositivos auxiliares - Critérios de implantação e requisitos para a manutenção de defensas metálicas - Fabricação e fornecimento de defensas metálicas do tipo maleável, semimaleável e tripla onda, para manutenção destes sistemas e ABNT NBR 14885:2016 - Segurança no tráfego - Barreiras de concreto).

4.12 Projetos de obras complementares

Deverão conter todas as intervenções realizadas em obras adjacentes à rodovia dentro da faixa de domínio. São elas:

- a) Realocação de postes de iluminação e distribuição de pontos de ônibus;
- b) Identificação em porteiras, mata-burros, cercas, alambrados e postes;
- c) Remoção e implantação de cercas e alambrados de divisa;
- d) Quando necessário na rodovia: implantação de defensas metálicas e barreiras longitudinais (conforme ABNT NBR 6971:2023 - Dispositivos auxiliares - Critérios de implantação e requisitos para a manutenção de defensas metálicas - Fabricação e fornecimento de defensas metálicas do tipo maleável, semi-maleável e tripla onda, para manutenção destes sistemas e ABNT NBR 14885:2016 - Segurança no tráfego - Barreiras de concreto);
- e) Demolições de toda e qualquer estrutura existente necessária à realização do projeto, tais como bueiros, defensas, postes e correlatos;
- f) Reconstrução dos elementos demolidos, com detalhamento necessário para tal.

4.13 Projetos de sinalização de obras

O projeto de sinalização de obras especifica o conjunto de elementos que visam alertar, orientar e regular o tráfego durante a execução de obras em um determinado trecho rodoviário e devem ser elaborados, conduzidos e apresentados conforme orientações e determinações da IPR-738 MANUAL DE SINALIZAÇÃO DE OBRAS E EMERGÊNCIAS EM RODOVIAS publicado pelo DNIT em 2010, que tem como objetivo uniformizar a sinalização de obras em rodovias.

5 REGISTROS

- Projeto de Pequeno Porte – Processos Erosivos

Os registros da qualidade gerados pelas atividades desta instrução são controlados da seguinte forma:

Identificação	Armazenamento	Proteção	Recuperação	Retenção	Disposição
Projeto de Pequeno Porte – Processos Erosivos	Sistema SEI	Eletrônico Acesso livre	Número de processo	Permanente	-

6 CONTROLE DE REVISÕES

N. da versão	Data	Histórico das alterações
01	Fevereiro/2025	Emissão inicial

7 APROVAÇÃO

Elaborado/ revisado por: Gerência de Medição	Aprovado por: Diretoria de Manutenção	Data de aprovação: Fevereiro/2025
--	---	---