

**NORMA GERAL
AMBIENTAL -
DRENAGEM
SUPERFICIAL E
PROTEÇÃO CONTRA
EROSÃO**

Visa estabelecer e padronizar os projetos das obras preventivas e corretivas destinadas a promover o controle da água superficial e profunda visando evitar os processos erosivos que podem ocorrer a partir da instalação da ferrovia.

NGL-5.03.01-16.019
Aprovado 24/07/2018

VALEC



Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 2 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

Sumário

1. MOTIVAÇÃO	4
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo Geral.....	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. ASPECTOS LEGAIS	5
4. DIRETRIZES	6
4.1. Diretrizes Gerais.....	6
4.2. Metas e Indicadores.....	7
5. MÉTODOS DE PROJETO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM	8
5.1. Estudos Hidrológicos.....	8
5.1.1. Cálculo das Intensidades da Chuva de Projeto	8
5.1.2. Cálculo do Tempo de Concentração.....	8
5.1.3. Cálculo das Vazões de Projeto - Metodologia Empregada.....	8
5.2. Projeto de Obras de Arte Correntes	11
5.2.1. Considerações.....	11
5.2.2. Dimensionamento Hidráulico.....	11
5.3. Projeto de Drenagem Superficial.....	13
5.3.1. Introdução.....	13
5.3.2. Dimensionamento das Sarjetas de Aterro.....	13
5.3.3. Dimensionamento das Sarjetas de Corte e de Bermas de Aterro	16
5.3.4. Dimensionamento das Valetas de Proteção de Cortes e Aterros	18
5.3.5. Dimensionamento das Sarjetas de Banquetas.....	19
5.4. Descidas D'água.....	22
5.5. Dispositivos para Controle de Erosões.....	23
5.5.1. Dissipadores de Energia em Caixa	23
5.5.2. Dispositivos de prevenção de erosões utilizados pela VALEC	24
5.5.3. Revegetação.....	36
5.5.4. Execução.....	38
5.5.5. Acompanhamento e Avaliação.....	39
5.6. Projeto de Drenagem Subterrânea	41
5.6.1. Considerações Gerais	41
5.6.2. Drenos Profundos Longitudinais	42
5.6.3. Drenos espinha de peixe	43

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 3 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

5.6.4. Camada drenante	43
5.6.5. Drenos sub-horizontais profundos (DHPS)	44
5.6.6. Dimensionamento da drenagem subterrânea	44
5.6.7. Fotos de exemplos de soluções adotadas	45
6. PERÍODO DE VALIDADE E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	50
7. ÓRGÃOS INTERVENIENTES	50
8. RECURSOS, CUSTOS E ORÇAMENTOS	50
9. BIBLIOGRAFIA	51
10. VIGÊNCIA	52

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 4 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

1. MOTIVAÇÃO

A erosão é um processo natural que tem como agentes principais, nas regiões tropicais, a água (precipitações pluviométricas, runoff em talvegues, etc.) e o vento, este especialmente nas áreas onde ocorrem solos francamente arenosos. Os processos erosivos podem ser favorecidos em razão do comprimento e forma dos gradientes, a movimentação do relevo, as características e a composição dos solos e o tipo de uso e cota do lençol freático. A erosão acontece, principalmente, através de escoamento superficial concentrado, provocando o aparecimento de sulcos e ravinas nas encostas mais inclinadas, onde podem ocorrer, também, deslizamentos de terra (quedas de barreiras).

Os processos erosivos também são frequentemente acelerados pelas ações humanas, tanto nos casos em que eles suprimem, ou tornam mais raras, as coberturas dos terrenos pela vegetação, como nas alterações que introduz na topografia, seja pela construção de obras e benfeitorias, seja pela extração de materiais de construção. Estas modificações, associadas à necessária conformação do terreno para lhe dar um aproveitamento impossível nas condições naturais, alteram as características da formação dos caudais e provocam impactos que podem ser agravados em determinados locais, dependendo da conjunção do trio: drenagem – declividade e composição do solo - cobertura pela vegetação, e a resistência que apresentam contra a chuva e o fluxo da água em superfície.

Estes fatores estão geralmente presentes em todas as obras humanas e empreendimentos a céu aberto, exigindo que se realizem medidas de controle e ações de proteção da estrada, diuturnamente, como único caminho para evitar não só a degradação ambiental, mas, muitas vezes, garantir a operação do próprio empreendimento, de modo a honrar o lema: “VALEC: desenvolvimento sustentável para o Brasil”.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Esta Norma tem por objetivo estabelecer e padronizar os projetos das obras preventivas e corretivas destinadas a promover o controle da água superficial e profunda visando evitar os processos erosivos que podem ocorrer a partir da instalação da ferrovia, bem como estabelecer as rotinas de ações destinadas a evitar problemas de instabilização de encostas e maciços, enfocando as áreas de taludes de cortes e aterros, as áreas de extração de materiais de construção e bota foras, áreas de canteiros de obras e de caminhos de serviço, dentre outras, que pelo manejo inadequado subdimensionamento da drenagem superficial, ou chuvas intensas que superem a chuva de projeto, acarretem riscos ao empreendimento.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta Norma são os seguintes:

- Estabelecer projetos padronizados para a drenagem superficial e profunda associada com a proteção contra a ação erosiva das águas em superfície, incluindo aquelas captadas pela drenagem profunda (captação do lençol freático), indicando os critérios técnicos para seleção dos métodos de cálculo de velocidades e vazões, permitindo a seleção dos projetos a aplicar caso a caso quando passíveis de generalizações.
- Estabelecer um elenco de ações corretivas destinadas a promover o controle dos processos erosivos instalados e decorrentes da obra, bem como evitar problemas de instabilização de encostas e maciços de terra.
- Estabelecer uma rotina de inspeções periódicas voltadas a detectar o mais cedo possível os processos erosivos, evitando que se instalem (caráter preventivo) ou que evoluam para uma situação desastrosa.
- Dentre os elementos preventivos, destacam-se como componentes dos objetivos específicos:

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 5 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

- Monitorar e acompanhar os processos de recomposição das áreas até a reconformação do terreno e o reestabelecimento da vegetação;
- Estabelecer um sistema de inspeção e acompanhamento da evolução das condições ambientais do empreendimento;
- Estabelecer ou reestabelecer a cobertura vegetal nas superfícies expostas.

Os requisitos legais que embasam os Programas de Recuperação de Áreas Degradadas realizados segundo a presente NORMA são os seguintes:

3. ASPECTOS LEGAIS

A Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto Nº 99.274/90, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Em seu Art. 4º, afirma que a Política Nacional do Meio Ambiente visará: ...VII - (...) obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

O Decreto Nº 97.632, de 10 de abril de 1989, que dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da Lei Nº 6.938, determina: Art. 1º - Os empreendimentos que se destinem à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente um plano de recuperação de áreas degradadas. Em seu Art. 2º, o mesmo decreto define o conceito de degradação: (...) são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais. Por fim, em seu Art. 3º, o decreto estabelece a finalidade dos PRAD: “A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.”

- Lei nº 4.771/65 – Código Florestal, que considera como área de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural, destinadas (art. 3º): (a) A atenuar a erosão das terras;
- Lei de 10711 de 05.08.2003 e Decreto nº 5.153 de 23.07.2004, que institui e regulamenta o Sistema Nacional de Sementes e Mudas - SNSM;
- Instrução Normativa nº 09 de 02.06.2005, da Superintendência Federal de Agricultura – SEFAG, que estabelece o Registro Nacional de Sementes e Mudas – RENASEM;
- Resolução CONAMA 303/2002, que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de APPs.

As NORMAS da VALEC que devem ser associadas a esta NORMA para a perfeita obediência aos termos do contrato de empreitada são:

- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.001 - QUALIDADE AMBIENTAL DA CONSTRUÇÃO
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.002 - PLANTIOS PAISAGÍSTICOS
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.004 - TRANSPLANTE DE ESPÉCIMES VEGETAIS SELECIONADOS
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.005 - INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE ACAMPAMENTOS E DE CANTEIROS DE SERVIÇOS
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.006 - EXTRAÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.009 - PREVENÇÕES CONTRA QUEIMADAS

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 6 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.016 – RESGATE DA FLORA
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.017 - REPRODUÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE MUDAS EM VIVEIROS
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.019 - DRENAGEM SUPERFICIAL E PROTEÇÃO CONTRA EROSÃO
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.020 - CONTROLE E MINIMIZAÇÃO DA SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.025 – GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO E CONSERVAÇÃO

4. DIRETRIZES

4.1. Diretrizes Gerais

Os processos erosivos tendem a ser intensificados e favorecidos na medida em que ocorrem o uso e a ocupação humana. O mesmo sucede com a implantação de obras com insuficiência de medidas preventivas e/ou de conservação periodicamente necessárias.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do empreendimento identifica impactos potenciais associados à erosão e ao assoreamento, especialmente nos terrenos expostos em virtude das obras, cuja execução sempre ocasiona alterações no relevo e na configuração natural das drenagens. Entre os agentes impactantes se destacam:

- Supressão da vegetação para execução de cortes e aterros, bueiros e pontes; e obtenção de materiais de construção;
- Modificação na topografia, construindo taludes com declividades muito superiores à declividade natural;
- Disposição de bota foras;
- Disposição final de resíduos;
- Modificação da posição de talvegues, aumentando (erosões potenciais) ou diminuindo a velocidade das águas (assoreamentos potenciais).

Tais riscos justificam a implantação do Programa de Prevenção à Erosão e Assoreamento, com vistas a evitar danos aos solos, ao sistema hidrográfico, aos mananciais e aos ecossistemas.

O processo de gestão das atividades deve identificar, em cada lote de obras, os elementos caracterizadores do clima da região, do relevo, dos solos e da vegetação. É da análise destes que se identificam as principais causas geradoras ou intensificadoras dos processos erosivos. Assim:

- Chuva – A precipitação pluviométrica atua na aceleração da erosão, com maiores ou menores consequências, que dependem da sua distribuição, a duração e da intensidade. A chuva atua por desagregação do solo, causado pelo impacto das gotas no terreno descoberto e, a seguir, pelo carreamento dos grãos pela correnteza (runoff). Ao instalar sistemas de drenagem superficial para controlar as águas que precipitam sobre a via permanente, a água que, antes, escoava de modo disseminado pela superfície do terreno, muitas vezes com seu fluxo retido pela vegetação, passa a ser conduzida por sarjetas, valetas, banquetas, bueiros e outros dispositivos, concentrando os caudais e aumentando as suas velocidades, com energia suficiente para gerar processos erosivos destruidores se não forem adequadamente controlados;
- Relevo – As características do relevo estão diretamente associadas à ocorrência e a potência dos processos erosivos. Maiores velocidades de runoff podem ser esperados em relevos mais acidentados do que em relevos suaves, e quanto maior a velocidade da água, maior a

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 7 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

disponibilidade de energia para desagregar os solos e transportar os grãos. Neste caso, os trabalhos de terraplenagem para nivelar as plataformas das vias permanentes sempre criam taludes de cortes e aterros bem mais íngremes do que os taludes naturais, na forma de cortes e aterros, fator que aumenta;

- Solo – A natureza dos solos constitui um dos principais fatores indicativos da suscetibilidade dos terrenos à erosão. Quanto mais arenosa a textura do solo, menor o grau de coesão de suas partículas e maior o potencial de instalação e desenvolvimento de processos erosivos, comparativamente aos solos argilosos. Esses processos apresentam-se fundamentalmente associados a deficiências do sistema de drenagem e da proteção vegetal;
- Vegetação – A cobertura vegetal exerce importante papel na estabilidade dos solos frente à erosão, oferecendo proteção contra o impacto direto das gotas de chuva (reduzindo a potencial desagregação) e impondo barreiras ao deslocamento da água, diminuindo a velocidade do runoff. Destaca-se que, em áreas com grande declividade, a proteção será mais efetiva quando a vegetação fornece sistemas radiculares profundos.

O projeto de drenagem superficial, com a condução segura das águas captadas em superfície e/ou em profundidade a locais de deságue seguro, e dos revestimentos de taludes e de plataformas são um dos mais importantes projetos de proteção do capital investido na construção da infraestrutura ferroviária. A erosão da base de um talude, causando um escorregamento, ou mesmo a erosão profunda da plataforma atingindo os trilhos, pode causar prejuízos incalculáveis, pois à necessidade de correção soma-se a perda pela interrupção do tráfego. Por outro lado, a erosão resulta em assoreamentos à jusante (próximos ou longínquos) que podem representar mudanças significativas no meio ambiente – especialmente em várzeas e corpos hídricos – compondo passivos ambientais de difícil mitigação. Como consequência, torna-se necessário estabelecer padrões mínimos seguros de projetos de controle da erosão derivada do escoamento superficial (runoff) aplicáveis nos casos passíveis de generalização, excetuando assim, evidentemente, os casos especiais, que devem ser objeto de projetos particulares aplicados especificamente em locais pré-selecionados.

4.2. Metas e Indicadores

As principais metas são as seguintes:

- Conservar 100% os caminhos de serviço, acessos e drenagens, para evitar a instalação de processos erosivos;
- Instalar dispositivos de drenagem da água pluvial dotados de controle de processos erosivos em 100% das zonas com relevo movimentado e ocorrência de solos suscetíveis à erosão;
- Construir 100% dos taludes de acordo com as diretrizes das normas brasileiras e da VALEC, respeitando a inclinação das encostas e os tipos de solos;
- Implantar das barragens de sedimentos para controlar assoreamento associados à ferrovia;
- Implantar bacias de infiltração nas saídas d'água nas áreas de ocorrência de solos francamente arenosos, evitando o escoamento superficial (runoff) e contribuindo para a carga dos aquíferos subterrâneos;
- Implantar dissipadores de energia em todas as saídas d'água que gerarem descargas com velocidades maiores do que as existentes antes da obra;
- Monitorar a eficácia dos procedimentos utilizados para evitar a instalação de processos erosivos durante todo o tempo em que durarem as obras e, de forma permanente durante toda a vida útil da via permanente;
- Adotar uma conformação geométrica compatível com as características geotécnicas dos materiais e com a topografia das áreas limítrofes.

VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		NORMA GERAL AMBIENTAL DRENAGEM SUPERFICIAL E PROTEÇÃO CONTRA EROSÃO			
Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 8 de 52

Os indicadores serão os seguintes:

- Número de focos de erosão;
- Área total e relativa com recomposição da vegetação ciliar;
- Resultados positivos de carreamento de sedimentos apurados no monitoramento da qualidade das águas
- Resultados do monitoramento da qualidade dos resíduos descartados.

5. MÉTODOS DE PROJETO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

5.1. Estudos Hidrológicos

5.1.1. Cálculo das Intensidades da Chuva de Projeto

A estimativa da intensidade da chuva de projeto está relacionada com os maiores índices de precipitação pluviométrica de uma região. Pela metodologia geralmente utilizada, seleciona-se o posto mais próximo da área de estudo, ou os postos que a envolvem com as séries pluviométricas para determinação da intensidade-duração-frequência e obtenção da equação de chuva intensa da região ou localidade. A intensidade pluviométrica será calculada a partir da aplicação da equação obtida, para duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia e um período de retorno estipulado para um dado empreendimento. A duração mínima da chuva será de 5 minutos. Segue abaixo a equação geral da chuva intensa:

$$i_n = \frac{K Tr^n}{(t_c + b)^d}$$

em que:

i = intensidade máxima média de precipitação, em mm/h;

Tr = Período de Retorno, em anos;

Tc = tempo de concentração ou duração, em minutos; e

K, n, b, d = parâmetros relativos a uma determinada localidade.

5.1.2. Cálculo do Tempo de Concentração

O tempo de concentração será calculado pela fórmula:

$$t_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

em que:

tc = tempo de concentração, em horas;

L = comprimento do talvegue, em quilômetros;

H = desnível de talvegue principal, em metros.

5.1.3. Cálculo das Vazões de Projeto - Metodologia Empregada

A determinação das vazões de projeto é realizada de forma separada com metodologia diferenciada em função do valor da área de contribuição:

- Bacias até 1,0 km²: Método Racional;
- Bacias entre 1,0 km² e 10,0 km²: Método Racional acrescido de coeficiente de retardo;

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 9 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	-------------------

- Bacias entre 10,0 km² e 20,0 km²: Método do Hidrograma Triangular Sintético;
- Bacias acima de 20,0 km²: Método do Hidrograma Unitário.

Método Racional

$Q=0,278 C.i.A$, em que:

Q = vazão do projeto, em m³/s

C = coeficiente adimensional de escoamento superficial (runoff), classificado em função do tipo de solo, da cobertura vegetal, da declividade média da bacia, etc. Os valores para estes parâmetros são encontrados em tabelas específicas nas publicações hidrológicas;

i = intensidade média da precipitação sobre a bacia, encontrada pela equação da chuva intensa. Para sua determinação, toma-se o tempo de concentração da bacia e o tempo de recorrência adequado ao dispositivo a ser dimensionado. É expressa em mm/h;

A = área de bacia drenada, em km², e

0,278 = fator de conversão de unidades.

Método Racional acrescido de coeficiente de retardo

$Q=0,278 C.i.A.\sigma$, em que:

Q, C, i, A = parâmetros do Método Racional, anteriormente definido;

σ = coeficiente de retardo, adimensional, expresso pela fórmula:

$\sigma = A^{-0,1}$, em que A = área da bacia drenada, em km². (ver Tabela 1)

Tabela 1 – Coeficientes de Deflúvio

VALORES DOS COEFICIENTES DE DEFLÚVIO (OU DE RETARDO)						
COBERTURA VEGETAL	CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDADE DO SOLO	DECLIVIDADE MÉDIA DA BACIA (%)				
		ESCARPADA	MONTANHOSA	FORTEMENTE ONDULADA	ONDULADA	LEVEMENTE ONDULADA
		D>50	20<D<50	10<D<20	5<D<10	2<D<5
SEM VEGETAÇÃO	IMPERMEÁVEL	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	SEMIPERMEÁVEL	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	PERMEÁVEL	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
PASTAGEM CAMPO OU CERRADO	IMPERMEÁVEL	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	SEMIPERMEÁVEL	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	PERMEÁVEL	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
CULTURAS	IMPERMEÁVEL	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	SEMIPERMEÁVEL	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	PERMEÁVEL	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
MATAS OU CAPOEIRAS	IMPERMEÁVEL	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	SEMIPERMEÁVEL	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
	PERMEÁVEL	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 10 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Método do Hidrograma Triangular Sintético

A expressão básica deste método, conforme apresentado por Ven Te Chow na obra “Handbook of Applied Hydrology”- pág. 21 - 43, é a seguinte:

$$Q = \frac{0,208 \times A \times Pe}{t_p}$$

Em que:

- Q = vazão do projeto, em m³/s
- A = área de bacia, em km²;
- t_p = tempo de pico em horas;
- Pe = excesso de chuva ou precipitação efetivamente escoada.

A chuva efetiva, assim considerada a parcela da precipitação que origina o deflúvio direto, foi calculada com base na fórmula proposta pelo “U.S. Soil Conservation Service”, que transformada para o sistema métrico, apresenta a seguinte forma:

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

Em que:

- Pe = precipitação efetiva, em mm;
- P = precipitação para uma determinada duração igual a D = 2(tc)0,5, em mm;
- CN = número de deflúvio (curve-number), representativo do complexo hidrológico solo-vegetação;
- O número de deflúvio CN é obtido com base na tabela do “Soil Conservation Service” e nas observações de campo, ponderando-se os valores relativos aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo.
- O tempo de pico é obtido a partir do valor do tempo de concentração, através da seguinte expressão:
t_p = (tc)0,5 + 0,6 tc.

Método do Hidrograma Triangular Unitário (MHTU)

Método desenvolvido pelo U.S. Soil Conservation Service, cuja formulação consiste basicamente no seguinte:

- Tempo unitário de duração da chuva: Δt = tc/5, em horas;
- Tempo de pico: t_p = Δt/2 + 0,6tc, em horas;
- Tempo de retorno: t_r = 1,67 t_p;
- Tempo de base: t_b = 2,67 t_p;
- Descarga de pico unitária (q), referente a uma chuva efetiva (Pe) igual a 1 cm de altura, ocorrida no tempo unitário t, em m³/s/cm:
- q(t_p) = 2,08 Ad/t_p, em que Ad = área da bacia contribuinte.
- A precipitação efetiva é obtida conforme demonstrado anteriormente.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 11 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

5.2. Projeto de Obras de Arte Correntes

5.2.1. Considerações

No projeto de obras de arte correntes foram indicados bueiros que, dependendo da sua localização ou finalidade, são denominados de bueiro de grota ou bueiro de greide.

- Bueiros de grota são condutos destinados à passagem de um lado para o outro, sob o corpo do aterro, das águas provenientes da bacia hidrográfica cujo talvegue cruza a ferrovia.
- Bueiros de greide são dispositivos destinados a conduzir para local seguro, as águas coletadas pela sarjeta de corte ou outro dispositivo de drenagem superficial.

5.2.2. Dimensionamento Hidráulico

- Os bueiros são dimensionados adotando-se o conceito de vazão crítica, para uma descarga calculada para um período de retorno de 25 anos e verificada a altura da carga hidráulica a montante, para uma descarga calculada para um período de retorno de 50 anos.

Dimensionamento De Bueiros Tubulares. Os bueiros circulares foram dimensionados admitindo-se que a altura representativa da energia específica do fluxo crítico seja igual ao diâmetro do bueiro, isto é:

$EC = D$, resultando:

$$Q_c = 1,533 D^{2,5} \text{ (m}^3\text{/s);}$$

$$V_c = 2,55 D^{0,5} \text{ (m/s);}$$

$$I_c = 0,735/D^{0,333} \text{ (m/m) em que:}$$

Q_c = vazão crítica V_c = Velocidade crítica

I_c = declividade crítica D = diâmetro da tubulação

V_c = Velocidade crítica

D = diâmetro da tubulação

Dimensionamento De Bueiros Celulares. Os bueiros celulares foram dimensionados, admitindo-se que a altura representativa da energia específica do fluxo crítico seja igual à altura do bueiro.

$E_c = H$, resultando:

Bueiro de Seção Quadrada ($B = H = L$)

$$Q_c = 1,705 L^{2,5} \text{ (m}^3\text{/s);}$$

$$V_c = 2,56 L^{0,5} \text{ (m/s)}$$

$$I_c = (34,82 n^2)/L^{0,333} \text{ (m/m)}$$

Bueiro de Seção Retangular ($B \times H$)

$$Q_c = 1,795 L^{1,5} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$V_c = 2,56 H^{0,5} \text{ (m/s)}$$

$$I_c = \left[\frac{0,0585(3+4H)}{B} \right]^{4/3} / (H^{0,333}) \text{ B m/m}$$

As vazões máximas para cada dimensão dos bueiros são apresentadas nas Tabelas 2 e 3 a seguir.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 12 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Tabela 2 – Vazão, Velocidade e Declividade Crítica de Bueiros Tubulares de Concreto Trabalhando Como Canal ($E_c = D$)

TIPO	DIÂMETRO (m)	VAZÃO CRÍTICA (m^3/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSTC	1,00	1,53	2,55	0,74
BSTC	1,20	2,42	2,79	0,69
BDTC	1,00	2,91	2,55	0,74
BDTC	1,20	4,59	2,79	0,69
BTTC	1,00	4,14	2,55	0,74
BTTC	1,20	6,53	2,79	0,69

Vazão Crítica:

Bueiro Simples: $Q_1 = 1,533 D^{2,5}$ Bueiro Duplo: $Q_2 = 0,95 \times 2 \times 1,533 D^{2,5}$ Bueiro Triplo: $Q_3 = 0,90 \times 3 \times 1,533 D^{2,5}$ Tabela 3 – Vazão, Velocidade e Declividade Crítica de Bueiros Celulares de Concreto Trabalhando Como Canal ($E_c = H$)

TIPO	BASE x ALTURA (m)	VAZÃO CRÍTICA (m^3/s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSCap	1,0 x 1,0	1,71	2,56	0,68
BSCC	1,5 x 1,5	4,70	3,14	0,78
BSCC	1,5 x 2,0	7,23	3,62	0,68
BSCC	2,0 x 1,5	6,26	3,14	0,56
BSCC	2,0 x 2,0	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,0 x 2,5	13,48	4,05	0,69
BSCC	2,0 x 3,0	17,72	4,43	0,76
BSCC	2,5 x 2,0	12,06	3,62	0,53
BSCC	2,5 x 2,5	16,85	4,05	0,58
BSCC	2,5 x 3,0	22,15	4,43	0,53
BSCC	3,0 x 2,0	14,47	3,62	0,47
BSCC	3,0 x 2,5	20,22	4,05	0,51
BSCC	3,0 x 3,0	26,58	4,43	0,54
BSCC	3,5 x 3,5	39,07	4,79	0,52
BDCap	1,0 x 1,0	3,24	2,56	0,78
BDCC	2,0 x 1,5	11,90	3,14	0,56
BDCC	2,0 x 2,0	18,33	3,62	0,62
BDCC	2,0 x 2,5	25,61	4,05	0,69
BDCC	2,0 x 3,0	33,67	4,43	0,76
BDCC	2,5 x 2,0	22,91	3,62	0,53
BDCC	2,5 x 2,5	32,01	4,05	0,58
BDCC	2,5 x 3,0	42,08	4,43	0,63
BDCC	3,0 x 2,0	27,49	3,62	0,47
BDCC	3,0 x 2,5	38,42	4,05	0,51
BDCC	3,0 x 3,0	50,50	4,43	0,54
BDCC	3,5 x 3,5	74,24	4,79	0,52
BTCap	1,0 x 1,0	4,60	2,56	0,78
BTCC	2,5 x 2,5	45,49	4,05	0,58
BTCC	3,0 x 3,0	71,76	4,43	0,54
BTCC	3,5 x 3,5	105,50	4,79	0,52

TIPO BASE x ALTURA (m) VAZÃO CRÍTICA (m^3/s) VELOCIDADE CRÍTICA (m/s) DECLIVIDADE CRÍTICA (%)

VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		NORMA GERAL AMBIENTAL DRENAGEM SUPERFICIAL E PROTEÇÃO CONTRA EROSÃO			
Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 13 de 52

Vazão Crítica:

Bueiro Simples: $Q1 = 1,705 \text{ B.H1,5}$

Bueiro Duplo: $Q2 = 0,95 \times 2 \times 1,705 \text{ B.H1,5}$

Bueiro Triplo: $Q3 = 0,90 \times 3 \times 1,705 \text{ B.H1,5}$

Profundidade Hidráulica a Montante. É a distância vertical entre o ponto mais baixo na seção de entrada do bueiro (geratriz inferior para bueiros tubulares e superfície de fundo para bueiros celulares) e a linha de energia a montante. A superfície d'água e a linha de energia são supostas coincidentes. São verificadas as profundidades hidráulicas a montante para as vazões calculadas para período de retorno de 50 anos, admitindo-se sobrelevação máxima de 1 metro. Para a verificação foram utilizados os monogramas elaborados pelo Bureau of Public Roads do U.S. Department of Commerce, publicados na Hydraulic Engineering – Circular nº 5, sob o título "Hydraulic Charts for the Selection of Highway Culverts" .

5.3. Projeto de Drenagem Superficial

5.3.1. Introdução

O Projeto de Drenagem Superficial tem por objetivo o dimensionamento dos dispositivos capazes de captar e conduzir adequadamente as águas superficiais de modo a preservar a estrutura da via, bem como possibilitar sua operação durante a incidência de precipitações intensas. Desta forma, os trabalhos a serem desenvolvidos devem abordar, basicamente, o dimensionamento dos seguintes dispositivos:

- Sarjetas de aterro;
- Valetas de proteção para cortes e aterros;
- Sarjetas de corte;
- Sarjeta das banquetas de corte e aterro.

5.3.2. Dimensionamento das Sarjetas de Aterro

Na borda da plataforma de aterro são indicadas sarjetas de concreto com forma triangular ou retangular, moldada "in loco", para evitar que a água precipitada sobre a plataforma escoe pelo talude e cause processo erosivo.

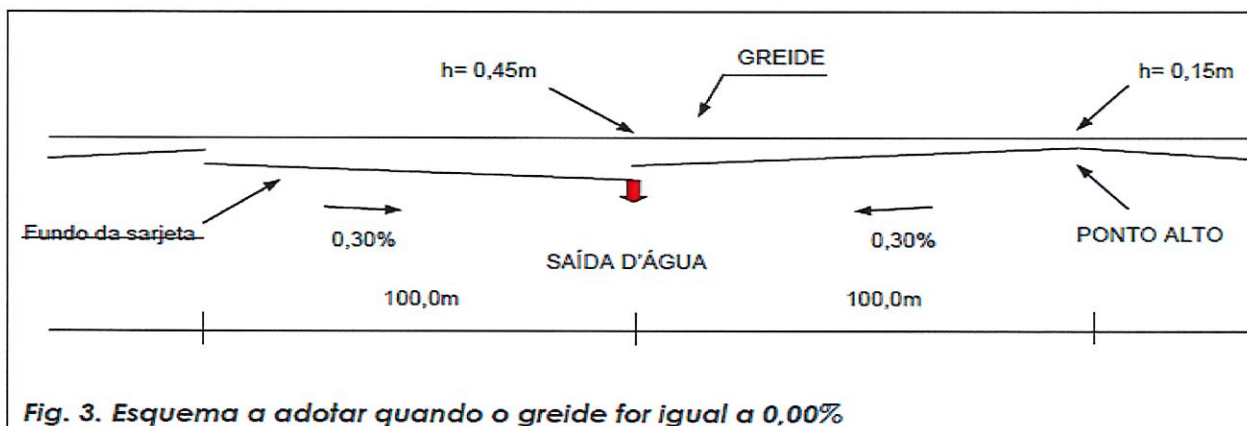
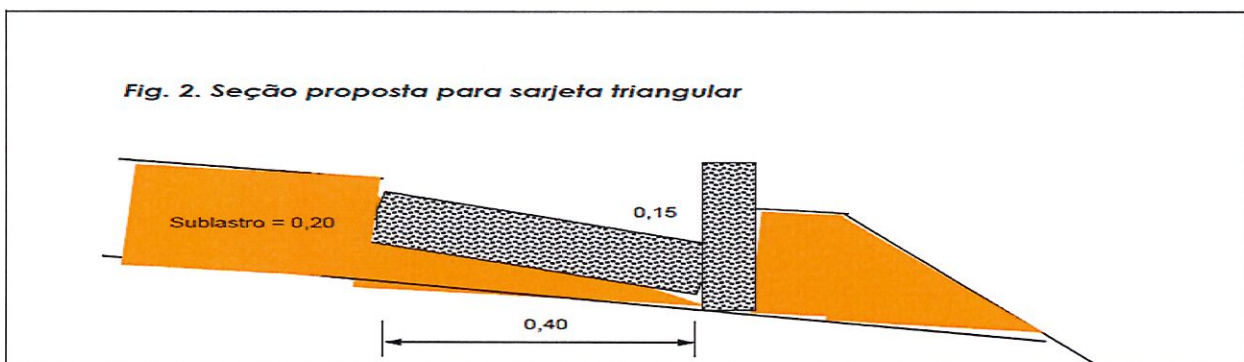
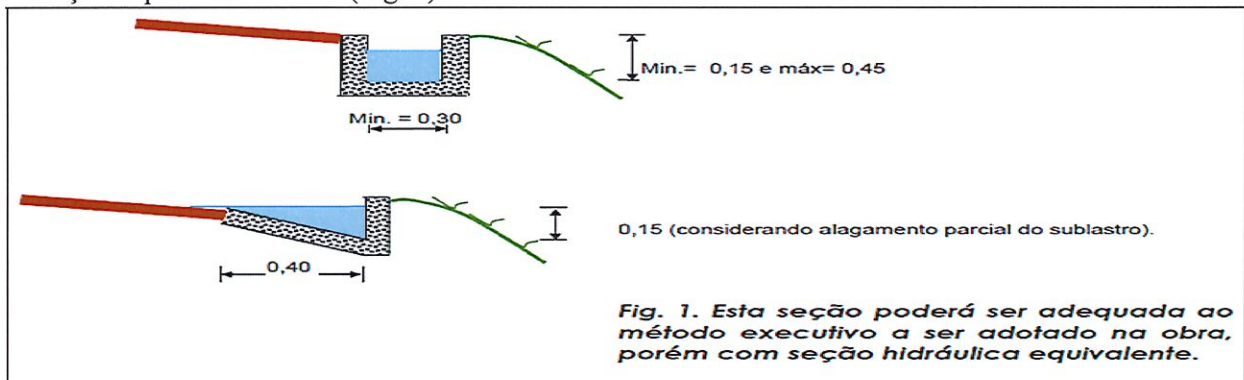
A seção retangular de 0,3m x 0,3m é indicada para greides inferiores a 0,40%. Nos greides em nível ou inferiores a 0,25% a altura mínima inicial será 0,15m e a máxima será 0,45m. No caso do greide com inclinação igual a 0,0% é utilizado o recurso de criar-se um ponto alto em determinados pontos, variando-se a altura do dispositivo para alcançarmos a inclinação de 0,30%, valor mínimo adotado para as sarjetas. Cabe citar que, o uso deste recurso reduz o número de saídas d'água ao longo das sarjetas de aterro nos locais com greide em nível (0,0%).

A seção triangular será utilizada nos greides iguais ou superiores a 0,40%.

Quando ocorrer a superação da capacidade hidráulica do dispositivo ou nos pontos baixos, o deságue será feito através de saídas d'água acopladas a descidas d'água em degraus ou lisas (tipo rápidos), conforme a descarga afluente.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 14 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

As seções tipo estudadas são (Fig. 1):



Para efetuar os cálculos hidráulicos que irão definir a capacidade de escoamento de cada dispositivo e o estabelecimento do espaçamento das saídas d'água é empregada a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$Q_{adm} = 1/n \times ARh^{2/3} \times I^{1/2}$, em que:

$n = 0,015$ – dispositivos em concreto;

A = área molhada em m^2 ;

Rh – Raio hidráulico (área/perímetro molhado)

I = declividade do dispositivo em m/m , mínimo considerado = $0,003 m/m$

Handwritten signature

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 15 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Para cálculo da descarga afluyente foi adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$Q = (C \times i \times Ad)/360$, sendo considerados os seguintes parâmetros:

C = Coeficiente de escoamento = 0,90

I = Intensidade da chuva de projeto, mm/h, para um tempo de recorrência de 10 anos, calculada através da expressão $i = K TRn / (tc + b)d$.

Ad = Área de contribuição calculada considerando a semi-plataforma acabada + largura do dispositivo, multiplicada pelo comprimento crítico determinado para cada situação de greide, em ha.

Desta forma são adotados os seguintes comprimentos críticos ou espaçamentos máximos entre saídas d'água (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Sarjetas triangulares

Declividade (m/m) Capacidade de vazão máxima (m³/s) Espaçamento (m)

Declividade (m/m)	Capacidade de vazão máxima (m ³ /s)	Espaçamento (m)
0,0040	0,014	81
0,0045	0,015	87
0,0050	0,016	92
0,0055	0,017	96
0,0060	0,018	98

Tabela 5 – Sarjetas retangulares

Declividade (m/m) Hmax (m) Capacidade de vazão máxima (m³/s) Espaçamento (m)

Declividade (m/m)	Hmax (m)	Capacidade de vazão máxima (m ³ /s)	Espaçamento (m)
0,0035	0,25	0,061	294
0,0030(min)	0,25	0,057	282

Cabe comentar que, apesar do menor espaçamento entre as saídas d'água, tem sido adotada na ferrovia a sarjeta triangular pela facilidade de execução, manutenção e limpeza. A sarjeta retangular ficará restrita a duas situações: 1) nos trechos onde o greide da ferrovia é inferior ao mínimo estabelecido para a declividade de fundo do dispositivo (0,30%), exigindo assim que haja variação na altura do mesmo e 2) greides inferiores a 0,40%.

Ressalta-se que em alguns casos de aterros altos, mesmo em greides superiores a 0,40%, são indicadas sarjetas retangulares para reduzir o número de descidas d'água no aterro, minimizando desta forma o risco de possíveis erosões nos taludes. Nos locais onde o cálculo indica a ocorrência da superação hidráulica das sarjetas são previstas saídas d'água acopladas as descidas d'água do tipo rápido (canal retangular sem degraus) para taludes com altura máxima de 6,0m, e descidas d'água em degraus no caso de aterros com altura superior a este valor, já que isto possibilita a perda de energia até o deságue no terreno natural. Independentemente do tipo adotado, e desde que esteja previsto no terreno natural ou em valetas com revestimento vegetal, são indicados dissipadores de energia ao final destas obras.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 16 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

5.3.3. Dimensionamento das Sarjetas de Corte e de Bermas de Aterro

Nos cortes são indicados dois tipos de soluções, a saber:

- sarjeta triangular executada durante a terraplenagem, com revestimento vegetal ou de concreto;
- sarjeta retangular com o uso de revestimento em concreto.

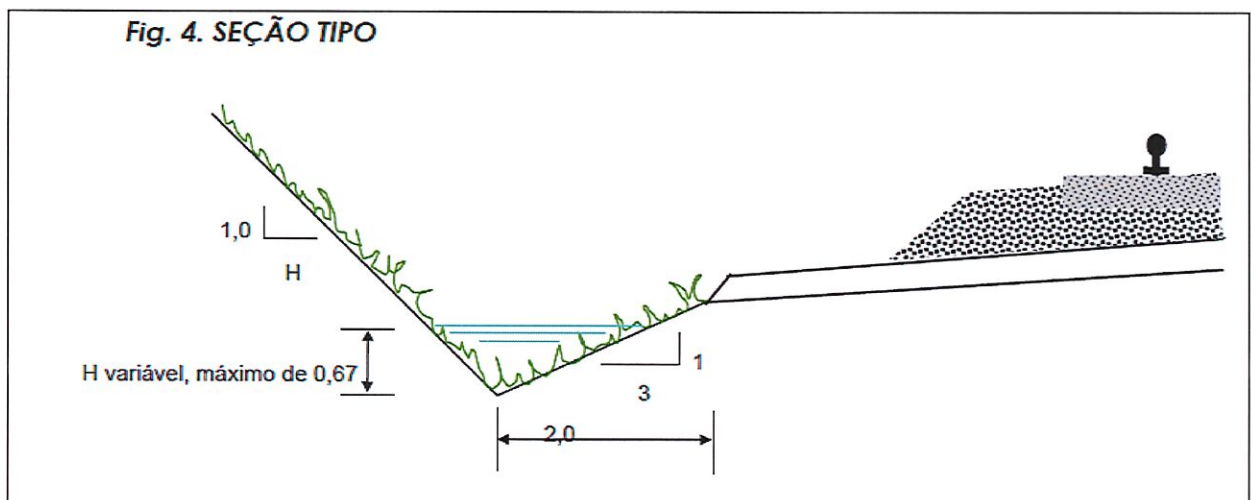
A sarjeta triangular será aplicada de forma corrente, quando seu objetivo for escoar as águas precipitadas na plataforma e nos taludes, numa extensão que não supere a sua capacidade hidráulica e a velocidade permissível para o revestimento aplicado. A sarjeta retangular de concreto será utilizada, principalmente, nos casos do emprego de descidas d'água desaguardando nas sarjetas de corte. A adoção das seções tipo, destes dispositivos, deve atender aos comprimentos críticos dimensionados, às extensões dos cortes, bem como à prévia escolha das mais adequadas posições de deságue, saídas laterais de sarjetas e/ou descidas d'água. É recomendável que as declividades longitudinais previstas para as sarjetas de corte, sempre que possível, sejam iguais às do greide. Devido às baixas declividades do greide da ferrovia e a reduzida área de contribuição, é indicada para a quase totalidade do trecho em estudo, sarjeta em solo com revestimento em grama.

Para os segmentos mais longos e com velocidades próximas de 2,20m/s, valor considerado como limite para dispositivos revestidos em grama e com escoamentos intermitentes, indica-se a execução de diques para funcionarem como redutores de velocidade. Considerando uma altura máxima de corte de 6,0m, a qual corresponde ao espaçamento entre banquetas o valor máximo para a área de contribuição será:

$Ad = ((\text{semi-plataforma} + \text{largura do dispositivo} + \text{projeção horizontal do talude}) \times \text{comprimento crítico})$.

$Ad = (3,5 + 2,0 + 6,0 (\text{alt. entre banquetas}) \times 2,0) \times L$

$Ad = (17,5 \times L)/10.000$, em hectares.



Na tabela 6 são apresentados os comprimentos críticos para cada greide adotado para o dispositivo, considerando a altura máxima de corte de 6,0m, e um valor limite do nível d'água = 0,47m, o qual resulta numa área molhada de 0,69m² (considerado o talude 2:1-H:V – solos arenosos). Estes são os valores limites para cada uma das sarjetas, considerando a situação real da altura do corte e seu comprimento. A declividade mínima considerada foi de 0,003m/m. Nos casos em que o greide da ferrovia é menor que este valor, a profundidade da sarjeta será variável até uma altura máxima de 0,80m, podendo em seu ponto inicial a sarjeta ter uma altura de 0,30m.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 17 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Tabela 6 – Comprimentos CríticosDeclividade (m/m) Capacidade de vazão máxima (m³/s) Comprimento Crítico (m) Velocidade (m/s)

Declividade (m/m)	Capacidade de vazão máxima (m ³ /s)	Comprimento Crítico (m)	Velocidade (m/s)
0,0030	0,69	740	1,00
0,0035	0,75	804	1,09
0,0040	0,80	858	1,16
0,0045	0,85	912	1,23
0,0050	0,90	966	1,30
0,0055	0,94	1.009	1,36
0,0060	0,98	1.052	1,42

A partir da velocidade de 1,2 m/s foi indicada a execução de diques na sarjeta a cada 30,0 m, para reduzir a velocidade.

Para efetuar os cálculos hidráulicos da altura da lâmina d'água e a capacidade de escoamento deste dispositivo e ainda o estabelecimento do comprimento crítico, é empregada a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$$Q_{adm} = 1/n \times A R h^{2/3} \times I^{1/2}, \text{ em que:}$$

n = 0,020 – dispositivos de seção regular com revestimento vegetal

A = área molhada em m²;

Rh = Raio Hidráulico (área/perímetro molhado);

I = declividade do dispositivo em m/m, mínimo considerado = 0,003 m/m.

Para cálculo da descarga afluyente foi adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$$Q = C \times i \times A_d / 360, \text{ sendo considerados os seguintes parâmetros:}$$

C = coeficiente de escoamento = 0,90;

I = intensidade da chuva de projeto, em mm/h, para um tempo de recorrência de 10 anos, calculada através da expressão $i = K T R n / (t_c + b) d$.

A_d = Área de contribuição calculada considerando a semi-plataforma acabada + largura do dispositivo + projeção do talude de corte, multiplicada pelo comprimento crítico determinado para cada situação de greide, em ha.

Nos casos de deságue de descidas d'água na sarjeta de corte, o dimensionamento da sarjeta deve considerar este acréscimo de descarga, sendo indicado em alguns casos estudar a substituição por canais retangulares em concreto.

Na saída dos cortes a sarjeta deverá desaguar em um canal o qual deverá ser dimensionado imediatamente após a conclusão do corte e deverá ter seção compatível com a descarga afluyente e de acordo com a declividade do terreno. Também deverá ser verificada a velocidade do escoamento para determinar o tipo de revestimento a ser adotado.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 18 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Se não for possível o deságue deste canal de descarga em um talvegue natural ou canal de descarga de algum bueiro, deverá ser executado dissipador de energia de pedra argamassada, associado à bacia de infiltração, ou outros tipos de dispositivos de redução de velocidade.

5.3.4. Dimensionamento das Valetas de Proteção de Cortes e Aterros

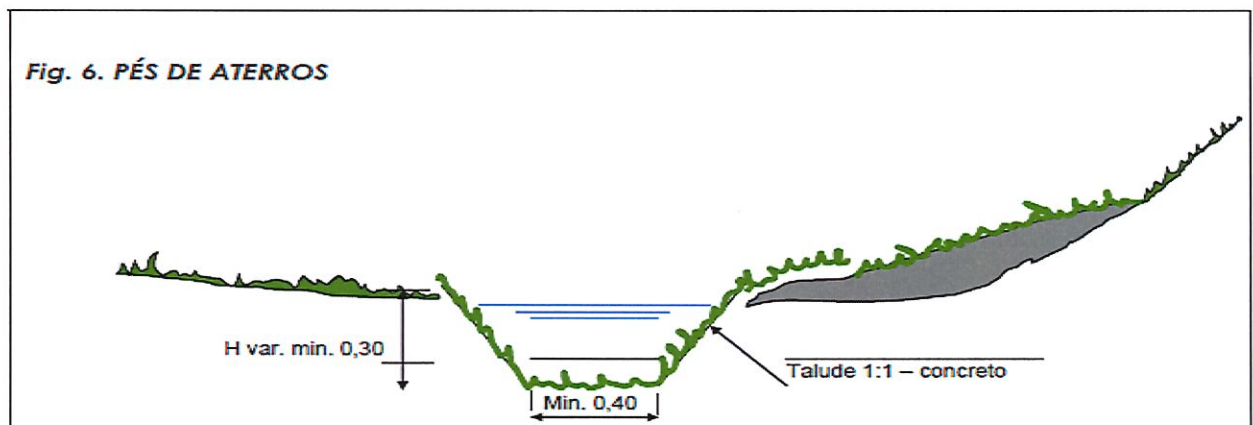
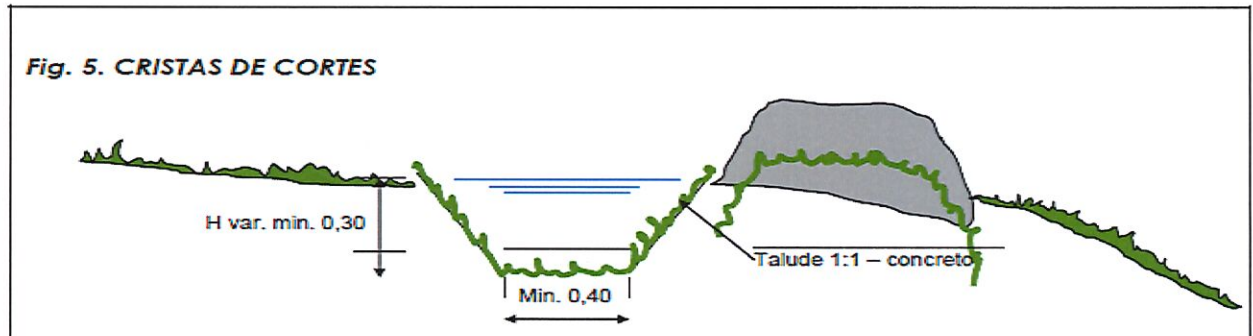
As valetas de proteção serão usadas nas cristas de cortes e nos pés de aterros onde as condições de escoamento superficial apresentaram-se propensas à erosão dos taludes. Estas valetas irão receber os deflúvios e encaminhá-los para os pontos de deságue, tecnicamente mais recomendáveis. O alinhamento destas valetas deverá acompanhar a linha dos “off-sets” dos cortes ou dos aterros, da qual deverá manter um afastamento mínimo de 3,00 m.

A implantação das valetas deverá ser realizada através de escavação no terreno natural, sendo o material resultante desta escavação depositado e compactado entre a valeta e a crista do corte, no caso da valeta de proteção de corte, e depositado e compactado junto ao pé do talude, no caso de valeta de pé de aterro.

As valetas de proteção deverão ser executadas com a declividade adaptável ao terreno natural, lisas ou com segmentos em degraus, conforme for o caso, de tal forma que as velocidades atingidas não sejam excessivas em relação ao material de revestimento, no caso, concreto ou grama.

Considerando que o escoamento nestes dispositivos não será permanente, adota-se como limite, para o uso de revestimento vegetal, a velocidade de 2,2m/s ao invés de 1,8m/s, como normalmente utilizado. No tocante ao revestimento em concreto, será adotada a velocidade de até 5,0m/s, ao invés de 4,5m/s, pelo mesmo motivo citado anteriormente.

Para proteção dos cortes e aterros são indicados canais trapezoidais com revestimento vegetal ou em concreto, conforme as seções tipo apresentadas nas Figuras 5 e 6.



VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		NORMA GERAL AMBIENTAL DRENAGEM SUPERFICIAL E PROTEÇÃO CONTRA EROSÃO			
Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 19 de 52

Para efetuar os cálculos hidráulicos que definirão a altura da lâmina d'água a seção da valeta e a velocidade do escoamento, emprega-se a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$Q_{adm} = 1/n \times ARh^{2/3} \times I^{1/2}$, em que:

$n = 0,015$ – dispositivos de seção regular com revestimento em concreto;

$n = 0,020$ – dispositivos de seção regular com revestimento vegetal

A = área molhada em m^2 ;

Rh = Raio Hidráulico (área/perímetro molhado);

I = declividade do dispositivo em m/m , de acordo com a declividade estimada do terreno natural

Para um dimensionamento mais preciso é aconselhável que após a execução do corte ou aterro, seja levantado o perfil do terreno natural no eixo por onde passará a valeta, para que seja determinada a declividade do terreno.

Para cálculo da descarga afluyente é adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$Q = 0,00278 Ad \times C \times i$, sendo considerados os seguintes parâmetros:

I = intensidade da chuva de projeto, em mm/h , para um tempo de recorrência de 10 anos, calculada através da expressão $i = K TR_n / (tc + b)d$.

C = Coeficiente de escoamento = variável conforme as características da bacia.

A = Área de contribuição, em km^2 , determinada a partir da restituição na escala 1:5.000 ou da fotos aéreas na escala 1:15.000.

Nos casos de deságue de outros dispositivos na valeta (descidas d'água, sarjetas de banquetas e de corte e outros), o dimensionamento da valeta deverá considerar este acréscimo de descarga.

Para as valetas que não têm escoamento permanente, a velocidade limite considerada é de 2,2 m/s , no caso de escoamento permanente a velocidade máxima admissível é de 1,8 m/s .

No caso de valetas de concreto, a velocidade máxima considerada é de 5,0 m/s . Em casos de declividade acentuada, mesmo com velocidade inferior a máxima adotada, deverão ser executadas valetas em degraus, mesmo com velocidades calculadas inferiores à máxima adotada.

Se não for possível o deságue deste canal em um talvegue natural ou canal de descarga de algum bueiro, deverá ser executado dissipador de energia de pedra argamassada, associado à bacia de infiltração, ou outros tipos de dispositivos de redução de velocidade (bigodes, trincheiras, diques, bacias de infiltração e outros).

Para evitar erosões, estes canais já deverão estar totalmente protegidos, no caso de uso de revestimento vegetal, antes do início do período chuvoso. Para tanto, a aplicação do revestimento deverá se dar logo após a execução do corte ou aterro a ser protegido.

5.3.5. Dimensionamento das Sarjetas de Banquetas

Nos segmentos da ferrovia com baixas declividades do greide, reduzida extensão dos cortes e aterros, onde estão previstas banquetas, e ainda diante das pequenas áreas de contribuição, serão indicadas, banquetas sem dispositivo de condução das águas provenientes do talude e da banqueta, ou seja, o escoamento se dará diretamente no canal formado pelo talude de corte ou aterro e a banqueta, a qual deverá receber proteção com revestimento em grama. Em casos da velocidade de escoamento superar a velocidade máxima admissível deverão ser executados canais trapezoidais de concreto.

Quando a banqueta for insuficiente para a condução da água, serão estudadas duas alternativas: execução de sarjeta trapezoidal em concreto ou com revestimento vegetal, ou o deságue em descida d'água em degraus. O deságue em descida d'água, somente deverá ser empregado nos casos em que o emprego da sarjeta seja inviável.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 20 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

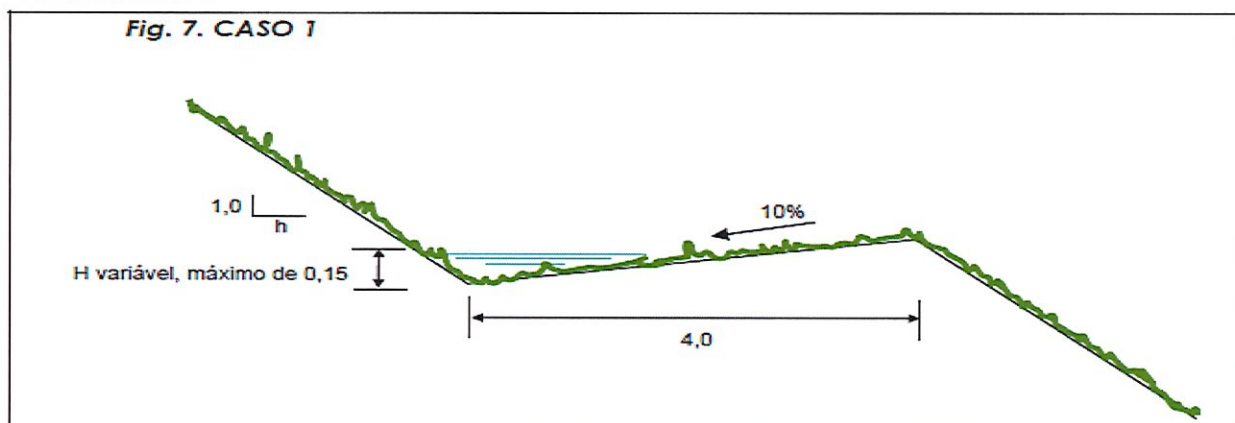
Considerando que as inclinações dos taludes de corte e aterro são próximas a 1,0: 1,25 ou 1,0: 2,0 e 1,0: 1,5, será adotada no cálculo da área de contribuição a projeção do talude de aterro, para uma altura máxima de aterro de 8,0m, a qual corresponde ao espaçamento entre banquetas o valor máximo para a área de contribuição será:

$Ad = (\text{largura da banquetta} + \text{projeção horizontal do talude}) \times \text{comprimento crítico};$

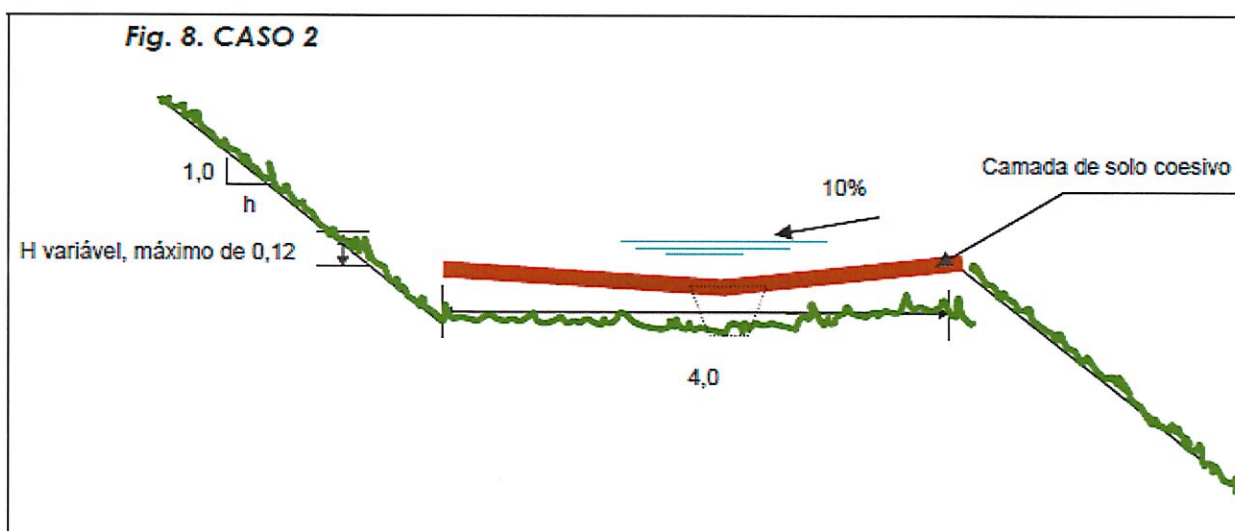
$Ad = ((4,0 + 8,0 (\text{altura entre banquetas}) \times 1,50)) \times L$

$Ad = (1,60 \times L)/10.000$, em hectares.

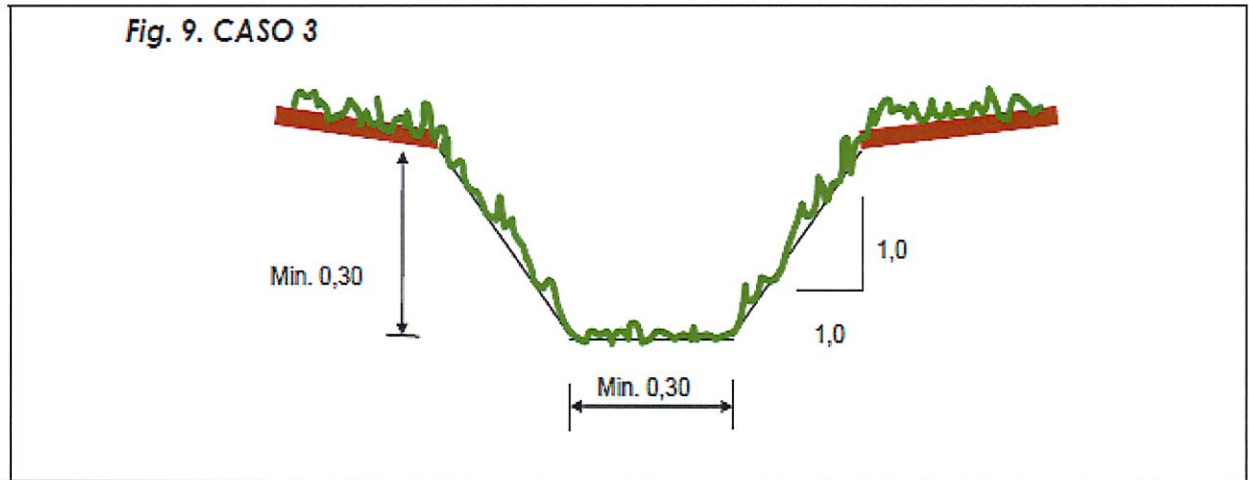
SEÇÕES TIPO



Conforme definido na seção tipo de terraplenagem, as banquetas do corte ou aterros constituídos de solos arenosos deverão receber a proteção de uma camada de solo coesivo com revestimento vegetal, conforme a seção tipo a seguir apresentada:



No caso de necessidade de execução de sarjeta trapezoidal, a mesma deverá ser implantada no meio da banquetta e deverá ter a seção a seguir apresentada, independente do tipo de revestimento adotado.



Na tabela a seguir são apresentados, para o CASO 1, os comprimentos críticos para cada greide adotado para o dispositivo, considerando a altura máxima de talude de 6,0m, e um valor máximo do nível d' água = 0,15m, o qual resulta numa área molhada de 0,13 m². Cabe ressaltar que estes são os valores limites, sendo que o escoamento nas banquetas deverá ser analisado considerando a situação real da altura do corte e seu comprimento.

A declividade mínima considerada foi de 0,003 m/m. Nos casos em que o greide da ferrovia é menor que este valor, é indicado a execução de sarjeta trapezoidal com profundidade variável até uma altura máxima de 0,40m, podendo a sarjeta ter altura inicial de 0,25m.

Tabela 7 – Comprimentos Críticos para o CASO 1

Declividade (m/m)	Capacidade de vazão máxima (m ³ /s)	Comprimento Crítico (m)	Velocidade (m/s)
0,0030	0,062	73	0,48
0,0035	0,067	79	0,52
0,0040	0,071	83	0,55
0,0045	0,076	89	0,59
0,0050	0,080	94	0,62
0,0055	0,084	99	0,65
0,0060	0,087	102	0,67

Para efetuar os cálculos hidráulicos que definirão a altura da lâmina d'água e a capacidade de escoamento deste dispositivo e ainda o estabelecimento do comprimento crítico, será empregada a fórmula de Manning associada à fórmula da continuidade, gerando a expressão:

$$Q_{adm} = 1/n \times ARh^{2/3} \times I^{1/2}, \text{ em que:}$$

$n = 0,020$ – dispositivos de seção regular com revestimento vegetal

A = área molhada em m²;

Rh = Raio Hidráulico (área/perímetro molhado);

I = declividade do dispositivo em m/m, mínimo considerado = 0,003 m/m

Para cálculo da descarga afluyente foi adotado o Método Racional, cuja expressão é:

$$Q = C \times i \times A_d / 360, \text{ sendo considerados os seguintes parâmetros:}$$

C = coeficiente de escoamento = 0,90;

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 22 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

I = intensidade da chuva de projeto, em mm/h, para um tempo de recorrência de 10 anos, calculada através da expressão.

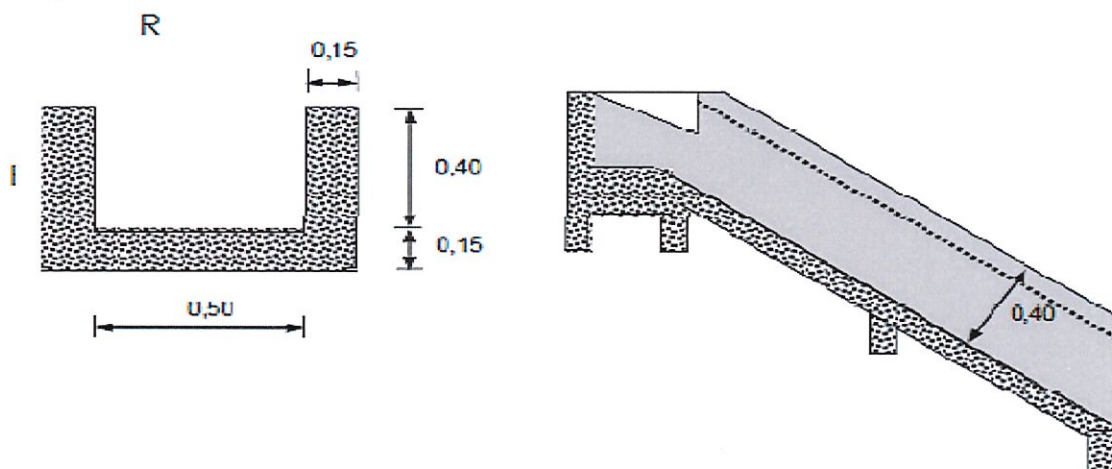
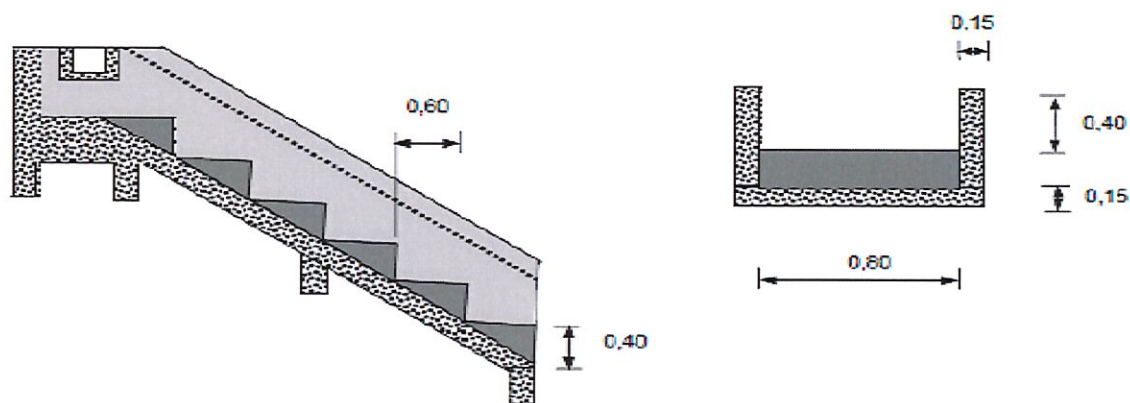
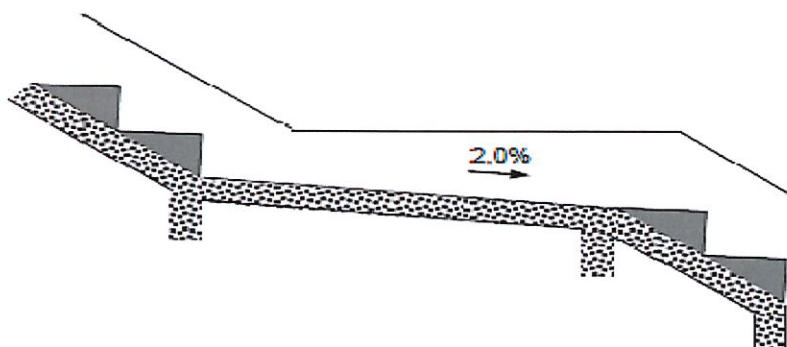
Ad = Área de contribuição calculada considerando a largura da banquetta + projeção do talude de corte ou aterro, multiplicada pelo comprimento crítico determinado para cada situação de greide, em ha.

O deságue dos dispositivos de drenagem das banquetas poderá se dar através de um dos seguintes tipos:

- Deságue na valeta de proteção do corte ou aterro;
- Deságue em descida d'água em degraus;
- Deságue no terreno natural através da execução de "bigode" associado a algum dispositivo de redução de velocidade, como dissipador de pedra argamassada, diques, bacias de infiltração e outros;
- Deságue em canal, direcionando o escoamento para um talvegue natural ou algum bueiro.

5.4. Descidas D'água

- As descidas d'água serão utilizadas em cortes e aterros, sendo que nos cortes serão sempre em degraus, dimensionadas de acordo com a geometria do corte e a vazão contribuinte. Nos aterros terão como finalidade principal o esgotamento das águas da plataforma, coletadas pela sarjeta de bordo do aterro e poderão ser em degraus ou lisas (rápidos). As descidas d'água nos aterros terão, a princípio, as seguintes dimensões e características:

Fig. 10. Rápidas:**Fig. 11. Em degraus:****Fig. 12. Na banqueta:**

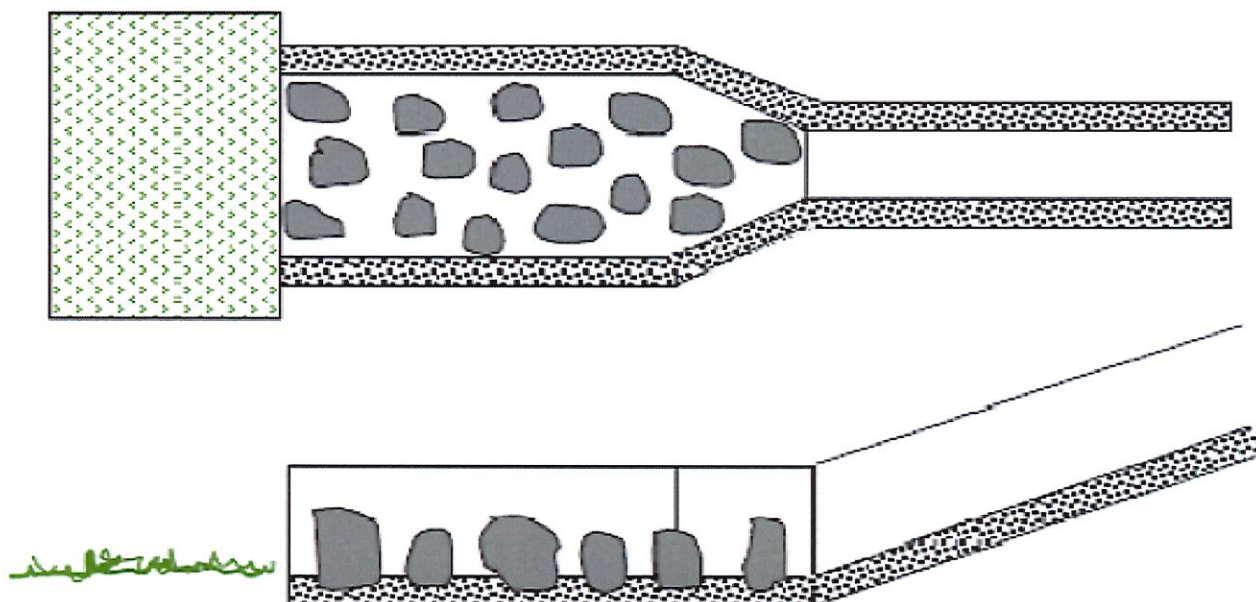
5.5. Dispositivos para Controle de Erosões

5.5.1. Dissipadores de Energia em Caixa

No deságue de todos os dispositivos de drenagem superficial, descidas d'água e bueiros que não deságuem no talvegue natural, será indicada a construção de dissipador de energia, constituído de uma caixa de

concreto com o fundo coberto por pedra argamassada, conforme o esquema adiante. As dimensões deste elemento variarão de acordo com a descarga afluente e as características do dispositivo a ele acoplado. Caso haja possibilidade, as pedras podem ser substituídas por corpos de prova de concreto descartados.

Fig. 13. Dissipadores de Energia



Onde são construídas extensas sarjetas de corte em declividade acentuada é indicada a execução de diques transversais, com espaçamento máximo de 50,0 metros, com a finalidade de reduzir a velocidade e prevenir a ocorrência de erosões na sarjeta. Os locais a serem introduzidos estes dispositivos serão indicados nas plantas do Projeto Geométrico/Drenagem. Estes diques poderão ser executados em pedras arrumadas com diâmetro entre 0,15m e 0,25m em solo argiloso compactado manualmente ou outros tipos de materiais apropriados para a finalidade.

5.5.2. Dispositivos de prevenção de erosões utilizados pela VALEC

Proteção de Taludes de Corte / Aterro

- Tratamento das plataformas
 - Proteger as plataformas de cortes e aterros com uma camada de pelo menos 10 cm de material oriundo de jazidas (lateritas, p. ex.), imediatamente após atingir a cota do greide.
 - Construir, com material oriundo de jazidas (lateritas, p. ex.) banquetas e valetas provisórias, evitando que as águas das eventuais chuvas escoem livremente pelos taludes.
 - Construir captações e descidas d'água provisórias.
 - Substituir, posteriormente, as banquetas, valetas, saídas e descidas d'água provisórias por definitivas, imediatamente após a conclusão do terrapleno.
- Tratamento dos taludes
 - Fazer sulcos longitudinais nos taludes de corte / aterro. Para fins de avaliação do custo-efetividade, em diferentes cortes serão utilizados sulcos com diferentes profundidades (15, 20, 25 e 30 cm), bem como diferentes distâncias entre eles (75, 100 e 125 cm). Os sulcos serão

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 25 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

feitos com enxadão ou com outra ferramenta manual ou mecânica adaptada para a execução da tarefa.

- Fixar estacas nos sulcos horizontais, considerando as seguintes dimensões:
- Comprimento aproximado da estaca – 60 cm
- Parte da estaca a ser cravada no talude – aproximadamente 45 cm
- Parte da estaca que ficará exposta – aproximadamente 15 cm
- Distância aproximada entre as estacas – 100 cm
- Distribuir solo orgânico (ou “mulching”) sobre os taludes de cortes e de aterros.
- Incorporar grosseiramente o solo orgânico distribuído no material do talude. Esta incorporação será feita com enxada ou com outra ferramenta adaptada para a execução da tarefa.
- Semear capim braquiária nos taludes enriquecidos com o solo orgânico. A semeadura poderá ser realizada nos moldes convencionais, de modo que seja reduzida a dependência de mão de obra e equipamentos especializados.
- Para reduzir o efeito desagregador do impacto dos pingos de chuva, os taludes semeados devem ser cobertos com folhagens secas da vegetação suprimida, especialmente folhas de palmeiras (sem picar). Onde não houver folhagem de vegetação suprimida em quantidade suficiente, poderão ser utilizadas folhas de palmeiras obtidas no entorno da frente de obra, sempre respeitando os limites de sobrevivência das palmeiras doadoras.

As figuras de 14 a 19 ilustram as etapas de instalação e os resultados esperados após o tratamento dos taludes de corte e de aterro. As fotos, apresentadas como figuras 20 a 22 ilustram procedimentos e resultados esperados das ações preconizadas para a proteção de taludes.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 26 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

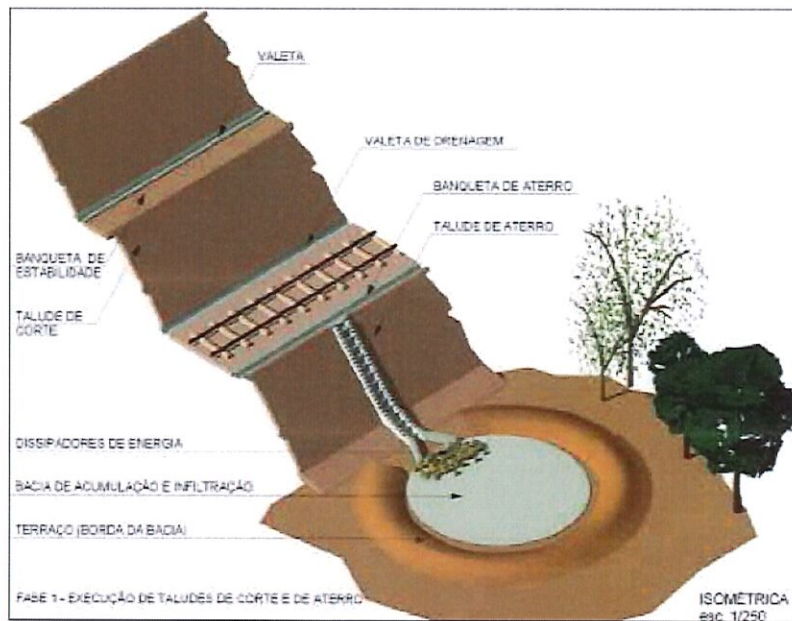


Figura 14. Fase 1 - Execução dos taludes de corte e de aterro conforme o projeto e construção dos dispositivos de drenagem, incluindo dissipadores de energia e bacia de contenção.

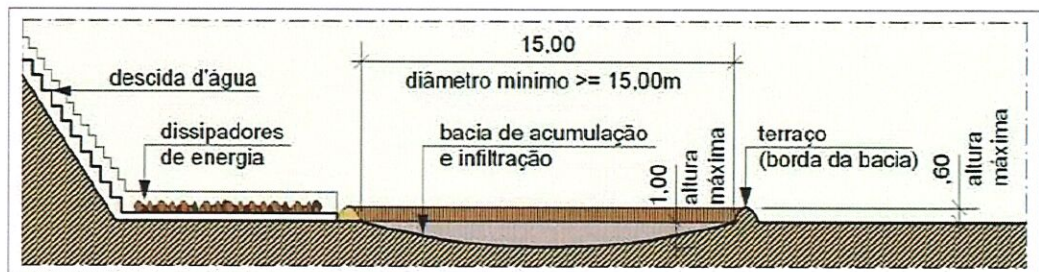


Figura 15. Fase 1 - Detalhes da descida d'água e da bacia de acumulação e infiltração

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 27 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------



Figura 16. Entrada e descida d'água provisórias - proteção de talude de aterro (FNS,GO)

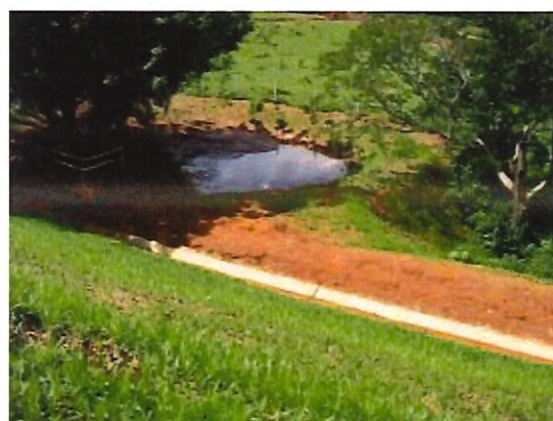


Figura 17. Bacia de acumulação e infiltração e valeta com dissipador de energia (FNS,GO)

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 28 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

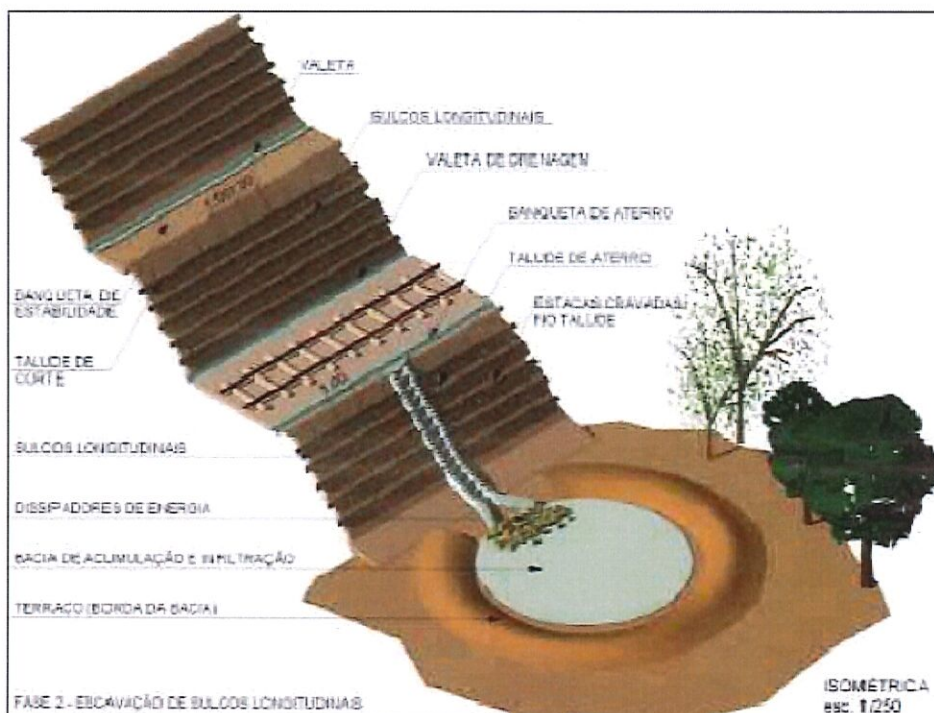


Figura 18. Fase 2 - Detalhes dos sulcos longitudinais escavados, espaçados segundo o projeto do local e das estacas cravadas com equidistância de 1m.

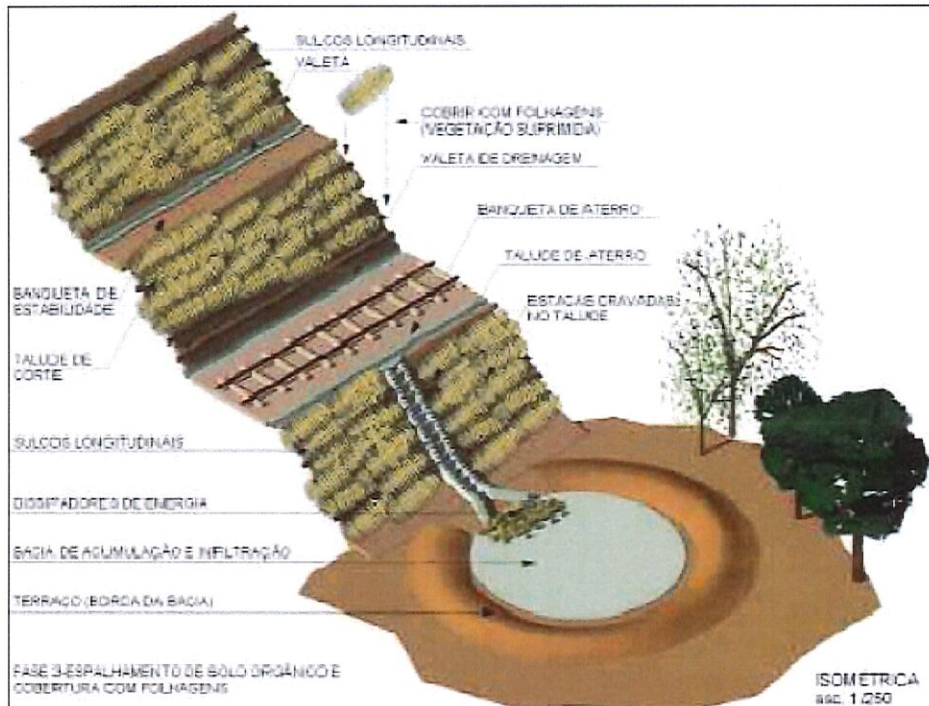


Figura 19. Fase 3 – Aspecto dos taludes após o espalhamento de solo orgânico, estocado durante a limpeza do terreno, semeado com braquiária e adubo, depois coberto com folhas de palmeiras e de árvores diversas, prioritariamente oriundas dos desmatamentos.



Figura 20. Fase 3 – Escarificação do talude de aterro para melhor fixação da proteção vegetal

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 30 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------



Figura 21. Taludes de aterro protegidos com braquiária – aspecto inicial da vegetação dos taludes (FNS, GO).

A handwritten signature in blue ink, located in the bottom right corner of the page.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 31 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

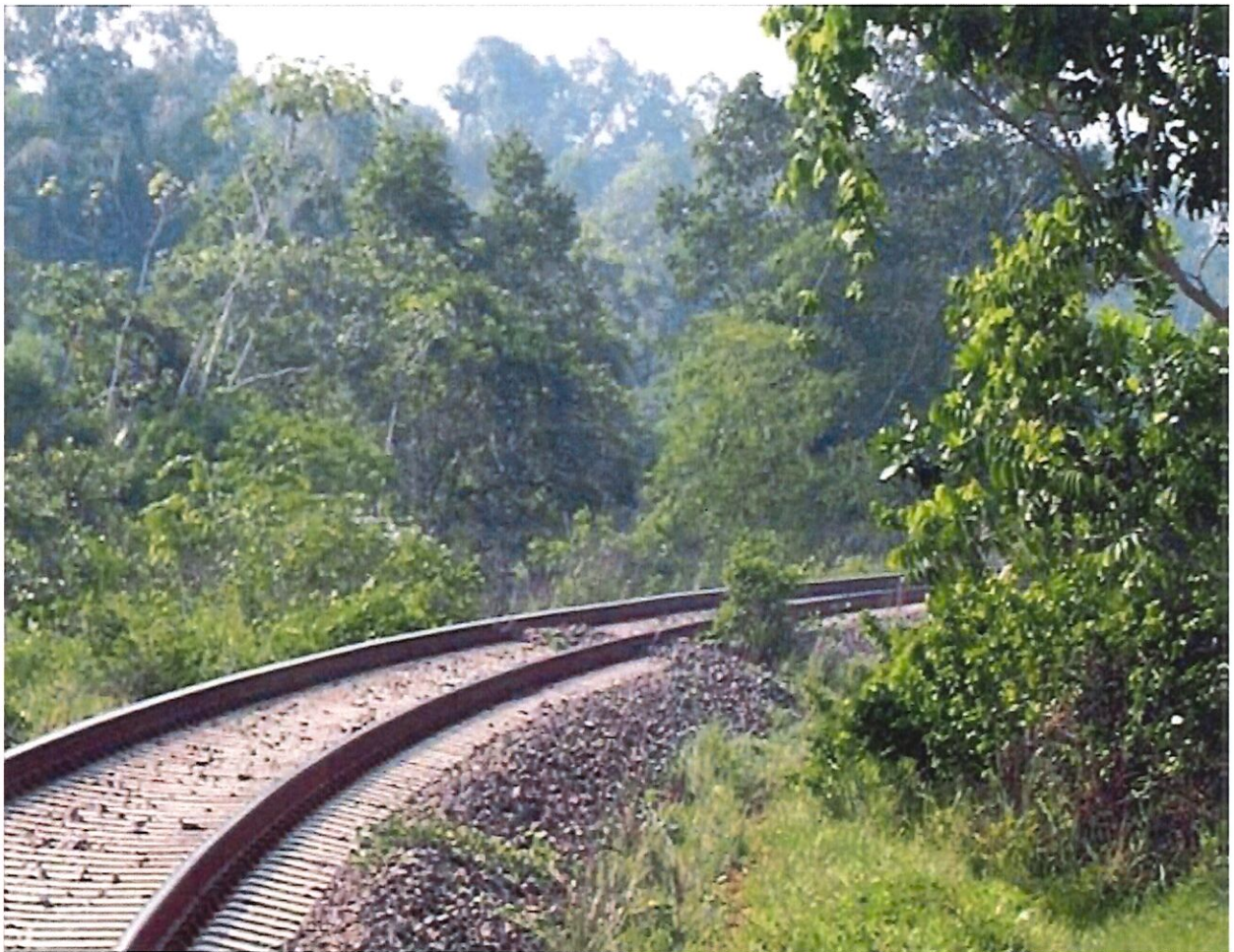


Figura 22. Taludes de aterro protegidos com a regeneração da vegetação nativa – aspecto final (FNS, MA).

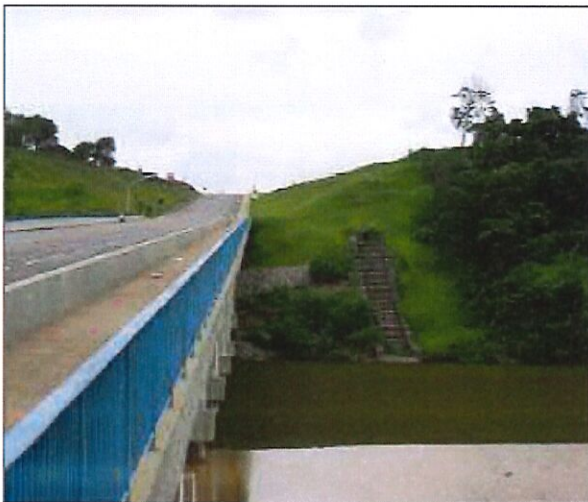
Prevenção de Erosão nos Pontos de Lançamento das Descidas e Saídas D'água

- Procedimentos de instalação:
 - Construir banquetas de drenagem e descidas d'água em taludes de aterro com alturas a partir de 1,5 m, para fins de avaliação do custo efetividade;
 - Construir valetas e saídas d'água conforme especificações do projeto executivo;
 - Construir dissipadores de energia nos pontos de lançamento de todas as descidas e saídas d'água;
 - Com auxílio de máquinas, construir bacias de acumulação e infiltração imediatamente após os dissipadores de energia. As bacias de acumulação e infiltração deverão ter um diâmetro mínimo de 15 m e uma profundidade mínima de 1m;
 - Proteger as bordas das bacias de acumulação e infiltração com capim umidícula ao invés do capim braquiária, comumente utilizado nos taludes de corte e aterro;

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 32 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------



Figura 23. Bacias de acumulação e contenção com bordas protegidas por capim umidícula (FNS, GO).



Figuras 24 e 25 . Descida d'água em degraus e saída de bueiro com dissipador de energia (FNS TO e GO).

Prevenção de Erosão nos Empréstimos Laterais e Caminhos de Serviço

- Procedimentos de instalação:
 - Com auxílio do trator, construir terraços (“camalhões” ou “murunduns”) em curva e perpendiculares ao sentido de declividade do terreno. A distância entre os terraços deve ser variável em função da declividade do terreno: quanto mais inclinado, menor a distância entre



Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 33 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

eles. Contudo, mesmo nas áreas mais planas, a distância entre os terraços não deve ultrapassar 100 m. Acrescenta-se que os terraços devem ter altura mínima de 1m.

- Aprofundar a escavação nas extremidades de cada terraço, formando bacias de acumulação e infiltração nos limites da faixa de domínio.



Figura 26. Terraços ou murunduns construídos como dispositivos de contenções de processos erosivos pluviais.

As figuras 27 e 28 ilustram o aspecto geral e o perfil dos empréstimos laterais.



Figura 27. Aspecto geral – os empréstimos terão no máximo 100 m de extensão e eles mesmos formarão bacias de acumulação e infiltração.



Figura 28. Aspecto geral – Construção de bacia de contenção em área de empréstimo, com bordas vegetadas. Logo abaixo construção de dissipador de energia.



Figura 29. Aspecto geral – Construção de bacia de dissipador de energia logo abaixo da bacia de contenção.

Eventualmente, como decorrência de chuvas intensas poderá ocorrer transposições de alguns terraços pela água escoada. Nestes casos, após a constatação do problema, devem ser realizados um ou mais dos seguintes procedimentos:

- Aumento da altura dos terraços (Figura 30);
- Instalação de sangradouros com tubos de PVC (Figura 31);
- Construção de dissipadores de energia nos pontos de lançamento dos sangradouros (Figura 32);

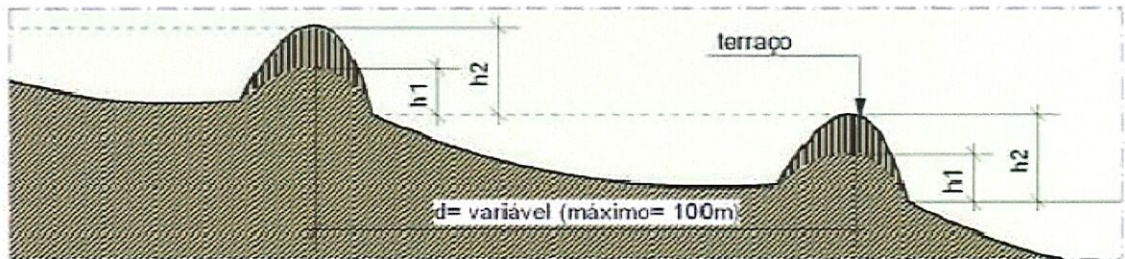


Figura 30. Perfil dos empréstimos laterais. A distância entre septos nos empréstimos laterais deve implicar que a crista de um deles deve estar, no mínimo, na mesma cota do pé daquele septo que estiver imediatamente acima, desde que esta distância não ultrapasse 100 m.

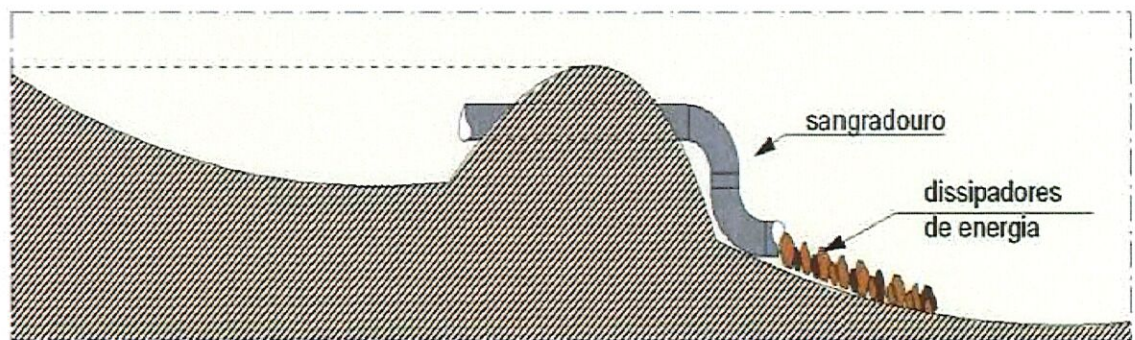


Figura 31. Detalhe da instalação dos sangradouros de tubos PVC

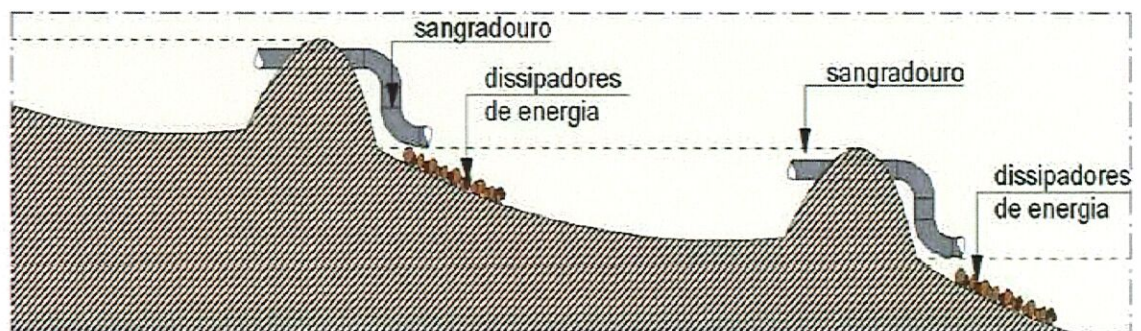


Figura 32. Detalhe da instalação de dissipadores de energia após os terraços corrigidos.

5.5.3. Revegetação

A proteção vegetal consiste na utilização de vegetais diversos com o fim de preservar áreas expostas (taludes, áreas de empréstimos, banquetas, descidas d'água, sarjetas, etc.), dando-lhes condições de resistência à erosão. A proteção vegetal deverá ser realizada de acordo com a Especificação Técnica para Revestimento Vegetal 80-ES-00F-14-7004.

No que couber, a especificação acima deve ser complementada pelo uso das Normas Ambientais da VALEC a seguir discriminadas:

- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.002: PLANTIOS PAISAGÍSTICOS
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.003: COBERTURA VEGETAL PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 37 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.004: TRANSPLANTE DE ESPÉCIMES VEGETAIS SELECIONADOS
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.016: SALVAMENTO DA FLORA
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.017: OPERAÇÃO DOS VIVEIROS
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.020 - CONTROLE E MINIMIZAÇÃO DA SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.024 - PROTEÇÃO DE RESERVATÓRIOS E MANANCIAS DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA
- NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.025 – GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO E CONSERVAÇÃO

De acordo com a exigência expressa nas licenças concedidas pelo IBAMA, as áreas cujas obras foram concluídas ou paralisadas não devem permanecer sem o lançamento da cobertura vegetal inicial:

- 15 (quinze) dias no período chuvoso (novembro a abril)
- 60 (sessenta) dias no período seco (maio a outubro).

A cobertura inicial deve ser realizada atendendo a especificação 80-ES- 00F-14-7004, onde estão estabelecidas as regras a seguir expostas.

Processos a Serem Adotados. Os processos a serem empregados no revestimento vegetal de taludes, sarjetas, valetas e áreas onde se pretenda obter efeitos paisagísticos, poderão ser:

- Leivas ou placas: este processo manual tem sua aplicação, em caso de terrenos muito friáveis, onde haja facilidade de obtenção de grama apropriada;
- Mudas: processo manual empregado nos casos de terrenos planos ou de pouca declividade;
- Hidrossemeadura: este processo mecânico poderá ser aplicado em qualquer tipo de terreno, desde que convenientemente preparado. Consiste na aplicação de uma mistura de sementes, adubos, material de enchimento, substâncias adesivas, em água e lançados na superfície da área, com a finalidade de pronto restabelecimento da vegetação.

Materiais. Deverão ser pesquisadas pela CONTRATADA jazidas que tecnicamente atendam as exigências de adaptabilidade à região, a critério da FISCALIZAÇÃO.

Placas. As placas de grama deverão ter dimensões uniformes, com formatos retangulares ou quadrados.

Mudas. As mudas deverão apresentar ótimo desenvolvimento e aspecto fitossanitário a fim de garantir o pagamento das mesmas. Deverão também ser produzidas em áreas próprias e próximas dos pontos de trabalho.

Sementes. Serão utilizadas sementes de espécies de gramíneas e leguminosas, sempre consorciadas. Poderão ser utilizadas espécies de gramíneas e leguminosas perfeitamente adaptadas à região, tendo como principais características o forte enraizamento e excelente desenvolvimento de suas partes aéreas. Para as sementes haverá necessidade de apresentação de certificado garantido a pureza e poder germinativo, cujos percentuais nunca poderão ser inferiores a 92%. As sementes das leguminosas serão inoculadas com bactérias do gênero *Rhizobium*.

Relação das espécies que poderão ser utilizadas:

Gramíneas

- *Hypparrhenia rufa* - capim jaraguá
- *Brachiaria decumbens* - branquiaria
- *Melinis minutiflora* - capim gordura

VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A.		NORMA GERAL AMBIENTAL DRENAGEM SUPERFICIAL E PROTEÇÃO CONTRA EROSÃO			
Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 38 de 52

- Cynodon dactylon - grama bermuda
- Eragrostis curvula - chorão
- Lolium perene - azevém perene
- Festuca rubra - festuca

Leguminosas

- Centrosema pubescens - centrosema
- Canavalia brasiliensis - feijão bravo
- Pueraria javanica - kudzu tropical
- Phaseolus atropurpureus - strato
- Giucline javanica - soja perene
- Stylosanthes guianensis - estilosantes

Matéria Orgânica. Deverá ser utilizado de preferência o resíduo vegetal proveniente da limpeza da faixa estradal. Podendo ser utilizado ainda a turfa, o esterco de curral, ou ainda qualquer resíduo orgânico, desde que bem curtidos, a fim de não prejudicarem o desenvolvimento das gramíneas.

Material Protetor ou de Cobertura. Estes materiais destinam-se a proteger as sementes contra os de raios solares e aumentar o poder de retenção da umidade. Para a formação de cobertura morta serão empregados papelões triturados, jornais triturados, detritos vegetais e casca de cereais.

Fertilizantes e Corretivos. Deverá ser exigido da CONTRATADA pela FISCALIZAÇÃO o certificado de procedência, com todas as informações de origem, formulação química, pureza e compatibilidade dos fertilizantes e corretivos.

Defensivos. Serão exigidos da CONTRATADA, produtos de comprovado efeito, sempre de baixa toxidez e boa compatibilidade no combate e controle às pragas e doenças ou ainda preventivamente, mas sempre de acordo com orientação da FISCALIZAÇÃO.

Análise do Solo. A análise do solo poderá ser exigida pela FISCALIZAÇÃO à CONTRATADA durante a execução dos trabalhos de terraplenagem, a fim de estabelecer os quantitativos mínimos de macro e microelementos, bem como a determinação do PH do solo para conhecer a necessidade ou não de efetuar-se a calagem. No caso de solo com PH ácido serão utilizados como fonte reguladora de acidez o calcário dolomítico e cal hidratada, bem finos, cujos quantitativos serão determinados pela análise.

5.5.4. Execução

Leivas ou Placas. Antes da colocação das placas de grama, alguns cuidados deverão ser observados como: correção dos pontos erodidos, regularização de toda a área e espalhamentos da matéria orgânica. As placas deverão ser colocadas de tal forma que fiquem perfeitamente ajustadas umas as outras. Não será permitido deixar espaços entre as mesmas, exigindo-se que as áreas tratadas tenham praticamente as mesmas condições das anteriores das áreas de exploração. As leivas deverão ser apiloadas (compactação suave) de tal maneira que pareçam estar perfeitamente aderentes ao solo.

Mudas. Antes do plantio das mudas, alguns cuidados deverão ser observados como: correção dos pontos erodidos, além da regularização de toda a área e espalhamento da matéria orgânica.

Hidrossemeadura.

- Utilização de Sementes. Nos trabalhos de hidrossemeadura serão utilizados as espécies gramíneas Hiparrhenia rufa, Brachiaria decumbes, Melinis minutiflora, Cynodon dactylon, como material obrigatório, misturadas, aplicando-se no mínimo, a um só momento, duas espécies, pois além de

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 39 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

se completarem em desenvolvimento radicular e aéreo, são espécies perenes. As espécies gramíneas *Lolium perene* e *Festuca rubra* utilizadas em hidrossemeadura como material acessório, isto é, espécies que não apresentarão excelente desenvolvimento por não estarem em seu meio ótimo, mas que por apresentarem germinação muito rápida (3 dias) darão condições de retenção de toda mistura lançada nas áreas degradadas, e através desta retenção, permitirá a germinação das outras espécies, o que ocorrerá no prazo mínimo de sete dias. A execução do plantio das espécies leguminosas consorciadas às gramíneas será feita tendo em vista o tamanho das sementes, podendo ser utilizada uma ou mais espécies das relacionadas. As espécies cujas sementes apresentarem tamanho reduzido, poderão ser introduzidas concomitantemente às gramíneas, sendo que, as que apresentarem de forma inversa, deverão ser plantadas anteriormente à aplicação da hidrossemeadura, já que a outra causará problemas de entupimento das bombas de hidrossemeadura.

- Preparo da área. O preparo da área consiste na melhoria de suas condições através de trabalhos de regularização de sulcos e erosões pronunciadas das superfícies, para posteriores aplicações de corretivos de solos, de matéria orgânica, plantio de leguminosas de tamanho grande e por fim a hidrossemeadura propriamente dita; condições para que as mesmas não venham a inibir a germinação e o desenvolvimento das gramíneas e leguminosas.
- Testes de Adaptabilidade. Antes da escolha definitiva das espécies a serem utilizadas, deverão ser utilizados testes de campo que permitam uma avaliação do grau de adaptabilidade destas espécies às condições ecológicas da região, (quaisquer que sejam as espécies selecionadas). Tais testes deverão ser objeto de um cuidadoso planejamento, por parte da CONTRATADA, os quais deverão ser posteriormente submetidos à apreciação da FISCALIZAÇÃO.

5.5.5. Acompanhamento e Avaliação

Serão realizadas ações de manutenção e de correção das soluções implantadas, sempre que necessário. Além disso, para o registro sistemático e avaliação do custo-efetividade das soluções projetadas, serão realizados registros fotográficos semanais e descrição mensal dos resultados obtidos, até um ano após a conclusão das obras. Como informação adicional para a avaliação do custo-efetividade será considerado o resultado de análises dos solos onde foram instaladas as soluções, pelo menos granulometria, teor de umidade, limites de consistência e fertilidade.

Conforme as condições de validade das licenças emitidas pelo IBAMA para as frentes de desmatamento não poderão, em qualquer hipótese, avançar uma dada quilometragem (estipulada pelo IBAMA) adiante das frentes de trabalho encarregadas na implantação de drenagem superficial, revegetação e de obras especiais de controle da erosão.



Figura 33. Empréstimos laterais tendo como finalidade bacias de acumulação e infiltração



Figura 34. Empréstimos laterais tendo como finalidade bacias de acumulação e infiltração.



Figura 35. Controle de erosão através do emprego de diques.

5.6. Projeto de Drenagem Subterrânea

5.6.1. Considerações Gerais

A drenagem subterrânea tem por objetivo rebaixar o lençol freático pela interceptação das águas que podem atingir o subleito, evitando o comprometimento da estabilidade da plataforma e dos taludes. Para efeito do detalhamento do projeto de drenagem subterrânea recomendasse que as soluções sejam definidas durante a execução das escavações dos cortes, devendo tais dispositivos serem dimensionados de acordo com as características do lençol freático (nível e vazão) e do corte (comprimento, altura e tipo de solo). Para tanto, devem ser feitas análises geológicas; sondagens a trado; poços ou outras que forem necessárias, para determinação das características do solo a ser drenado e do lençol freático. Também deve ser analisado o comportamento dos taludes de cortes existentes na vizinhança da ferrovia.

A princípio considera-se que a sarjeta em solo, executada no pé do talude de corte, seja, na maioria dos casos, suficiente para rebaixar o nível do lençol freático e evitar problemas de instabilidade da plataforma. Com isto entende-se que a mesma funcionará como dreno a céu aberto. Quando for verificado que a sarjeta não é suficiente para interceptar e drenar as águas do lençol freático, serão indicados e dimensionados dispositivos de drenagem subterrânea.

Os dispositivos de drenagem subterrânea indicados são:

- Sarjetas de corte em solo, funcionando como dreno profundo a céu aberto;
- Drenos profundos longitudinais;
- Drenos espinha de peixe;
- Camadas drenantes;
- Drenos horizontais profundos.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 42 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Para efeito de implantação dos drenos deverão ser observadas as notas contidas no desenho 80-DES-360F-8001-ST – Estudo de Estabilidade dos Cortes e Aterros – Seção Transversal Tipo.

5.6.2. Drenos Profundos Longitudinais

São drenos posicionados abaixo do nível da plataforma da via, e são normalmente executados longitudinalmente, situados nos bordos da plataforma. Estes drenos são constituídos de:

- Material drenante – brita variando de 1" a 1 1/2" ;
- Material filtrante – areia;
- Material filtrante – manta geotextil;
- Com tubo ou não, dependendo do dimensionamento o dreno e;
- Selo.

O tubo (Fig. 36), se necessário, deverá ter diâmetro de 0,15 m ou 0,20 m, com furos de 6 a 10 mm, com espaçamento entre si de 7 cm. Os tubos devem ser instalados com os furos voltados para baixo, conforme esquema da Fig. 37.

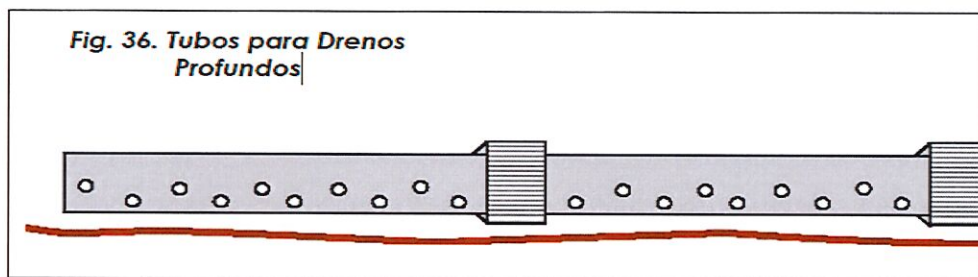
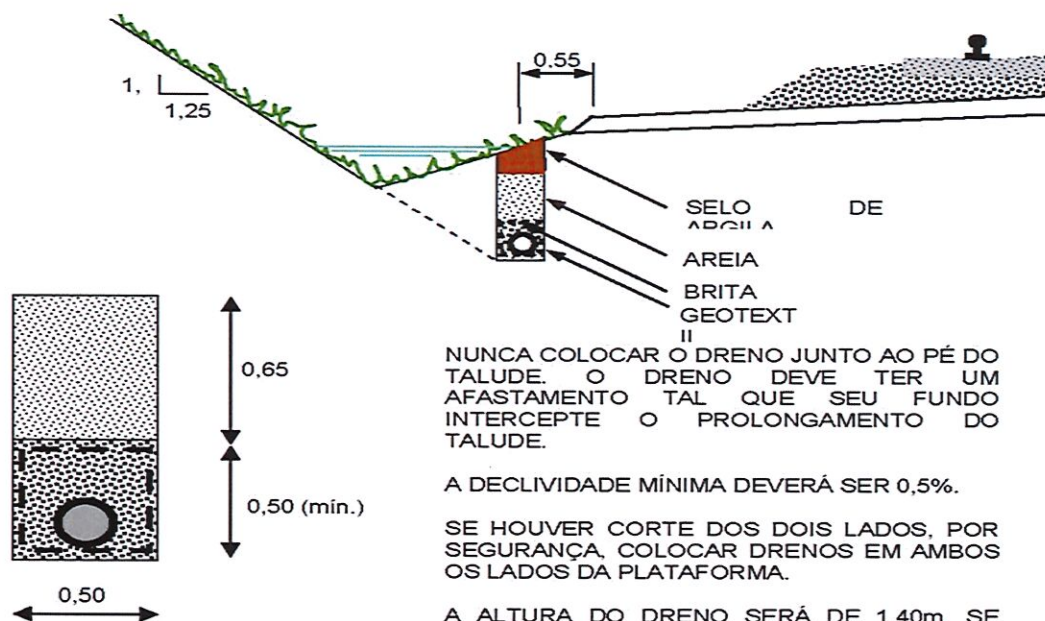


Fig. 37. ESQUEMA GERAL

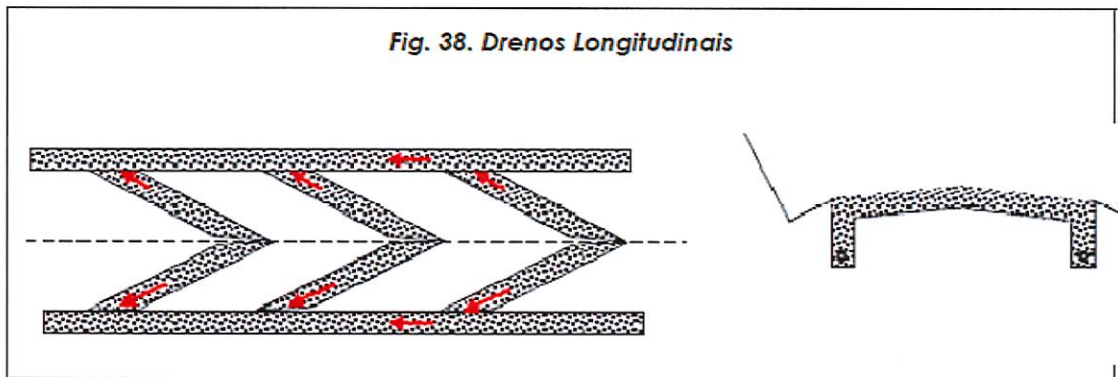


Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 43 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

5.6.3. Drenos espinha de peixe

Estes drenos serão aplicados nas seguintes situações:

- Nos cortes onde os drenos profundos forem julgados insuficientes ou antieconômicos, diante das características do lençol e do terreno a ser drenado.
- Sob os aterros quando o terreno natural apresentar condições de umidade que possam causar instabilidade no corpo do aterro.
- Caso haja grande quantidade de água a drenar deverá ser empregada camada drenante. Dependendo do caso os drenos poderão desaguar livremente ou em drenos profundos longitudinais, conforme o esquema da Fig. 38.



5.6.4. Camada drenante

A camada drenante será empregada nas seguintes situações:

- Nos cortes em rocha (Fig. 39);
- Na base dos aterros onde não forem suficientes os drenos espinha de peixe (Fig. 40);
- Nos cortes em solo, onde devido à grande quantidade de água, os drenos espinha de peixe não são suficientes para garantir um nível aceitável de umidade na plataforma;
- Na transição do corte em rocha para o corte em solo, deverá ser executado um dreno coletor transversal, com a função de encaminhar as águas coletadas pela camada drenante para os drenos longitudinais.

Nos cortes em solo a camada drenante deverá estar interligada com os drenos longitudinais, que poderão ser cegos ou não, dependendo da vazão a ser drenada.

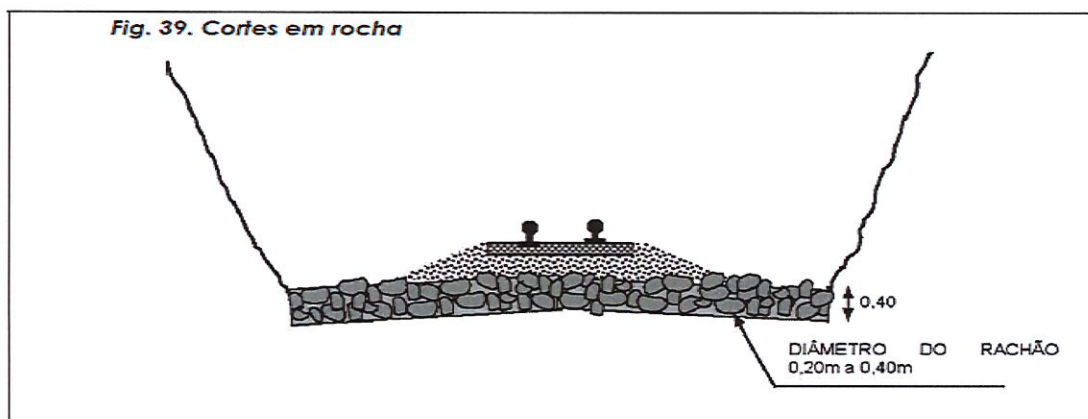
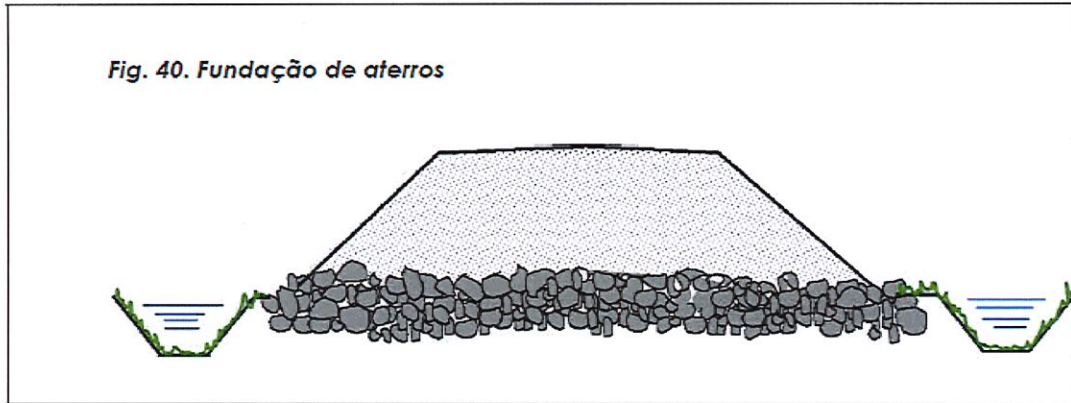
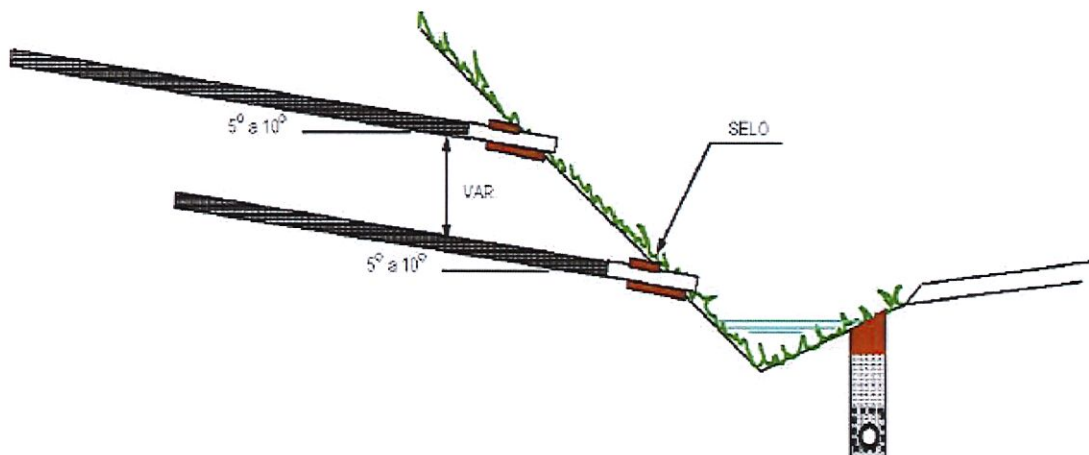


Fig. 40. Fundação de aterros

A espessura da camada drenante dependerá do nível e quantidade de água a ser drenada, de forma a propiciar condições de execução e estabilidade do aterro. O diâmetro do rachão poderá variar de 0,20m a 0,40m.

5.6.5. Drenos sub-horizontais profundos (DHPS)

Estes drenos deverão ser executados logo que for constatada que a presença de água no talude de corte pode vir a provocar a instabilidade do mesmo ou retro-erosão. Em alguns casos esta é a única solução econômica a ser empregada na prevenção de escorregamentos ou colapsos de taludes. Em termos práticos, o comprimento dos drenos deve ser uma vez e meia a altura entre o dreno e o terreno natural.

Fig. 41. Drenos Sub-horizontais

O TUBO DEVERÁ TER FUROS OU RANHURAS, REVESTIDO POR MANTA GEOTEXTIL OU TELA DE NYLON, COM DIÂMETRO DE 70mm A 100mm E FUROS DE 4mm, COM ESPAÇAMENTO DE 70 mm A 100mm. NOS 100 cm INICIAIS O TUBO NÃO DEVERÁ TER FUROS. A LINHA INFERIOR DOS DHPS DEVERÁ FICAR 50 cm ACIMA DA SARJETA. DEVERÁ SER EXECUTADO NA SAÍDA DO DRENO QUE DESAGUAR NO TALUDE UM DISPOSITIVO PARA CONDUÇÃO DA ÁGUA ATÉ A SARJETA, EVITANDO-SE COM ISTO A EROSÃO DO TALUDE.

5.6.6. Dimensionamento da drenagem subterrânea

Para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem subterrânea, poderão ser adotadas as metodologias apresentadas na bibliografia a seguir apresentada ou em outras especializadas no assunto.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 45 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

- Manual de Drenagem de Rodovias – DNER – 1990 – Tomo III – págs 303 a 342 e referências bibliográficas.
- Especificações Gerais para o Projeto de Drenagem e Obras de Arte Correntes – 80.EG.000F.10.7001 – item 3.2.
- Estudo de Rebaixamento do Lençol Freático – SUPRO – VALEC-2005
- Drenagem Subterrânea: Aspectos Teóricos, Construtivos e Econômicos - Engo José Carlos Vertematti

5.6.7. Fotos de exemplos de soluções adotadas

A seguir são apresentadas fotos da execução de dreno de talvegue, camada drenante e drenos sub-horizontais profundos, utilizados em trechos da ferrovia.



Fig. 42. Detalhe da camada de rachão no corte e vala para drenagem da água do subleito



Fig. 43. Execução de colchão drenante em corte com presença de água no subleito



Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 46 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------



Fig. 44. Detalhe da camada de areia na base do colchão drenante, funcionando como camada filtrante



Fig. 45. Vista dos drenos sub-horizontais (DHPs) instalados em um talude da Ferrovia



Fig. 46. Detalhe dos DHPs em pleno funcionamento



Fig. 47. Vista dos drens em funcionamento e do equipamento de perfuração

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 48 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------



Fig. 48. Execução de dreno subterrâneo (charuto), com objetivo de proteção de nascente e manutenção do corpo hídrico.



Fig. 49. Vista mostrando bacias de infiltração em funcionamento

A handwritten signature in blue ink, located in the bottom right corner of the page.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 49 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------



Fig. 50. Foto mostrando a alternativa de dissipador de energia em valeta empregando troncos fracionados oriundos do desmatamento



Fig. 51. Material lenhoso picotado, incorporado no solo e servindo de dissipador de energia

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 50 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

6. PERÍODO DE VALIDADE E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Esta NGL terá validade durante toda a vida útil das ferrovias de concessão da VALEC, desde a fase de projeto até a de conservação da via permanente, quando os processos erosivos serão gerenciados e recuperados como tarefa de conservação de rotina e como passivo ambiental segundo os programas anuais preparados de acordo com a NORMA AMBIENTAL VALEC NGL-5.03.01-16.011 - LEVANTAMENTO ANUAL E RECUPERAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL e com a NORMA AMBIENTAL VALEC NGL -5.03.01-16.003 - COBERTURA VEGETAL PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS.

7. ÓRGÃOS INTERVENIENTES

VALEC. A VALEC é a responsável pela elaboração da presente Norma e pelos projetos-padrão nela contidos;

- A VALEC, só ou em conjunto com CONSULTORAS especificamente contratados, é responsável pelas ordens de serviço que indicam os locais e as quantidades em que deverão ser construídos ou implantados os projetos padrão;
- A VALEC, só ou em conjunto com CONSULTORAS especificamente contratadas, realizará a fiscalização dos serviços e obras, verificando a localização do trabalho realizado pelas CONSTRUTORAS e sua adequação quanto à qualidade e a quantidade dos dispositivos

CONSTRUTORAS. As CONSTRUTORAS CONTRATADAS são responsáveis pela construção dos dispositivos segundo os projetos de engenharia e segundo as ordens de serviço recebidas.

8. RECURSOS, CUSTOS E ORÇAMENTOS

A recuperação das áreas degradadas é obrigação legal do autor da degradação (ver seção 3 - ASPECTOS LEGAIS, desta NORMA) e, por isto, em todos os casos de degradações oriundas das licenças ambientais detidas pela VALEC, os recursos necessários serão providos pelo orçamento da obra. Consequentemente, os quantitativos de serviços para estas recuperações ou reabilitações serão previstos nos quantitativos das obras e assim serão medidos e pagos pela VALEC.

As construtoras, por sua vez, serão inteiramente responsáveis pelas degradações que causarem em função das licenças detidas por ela, mesmo que as origens das degradações estejam na necessidade de se estabelecer e/ou de fornecer materiais de construção para cumprir seu(s) contrato(s) com a VALEC.

Em ambos os casos a VALEC terá direito de fiscalizar a efetiva realização das reabilitações e restaurações pelas empreiteiras contratadas e de reter os pagamentos que forem julgados necessários para realizar as ações julgadas como não realizadas ou como não concluídas.

Os recursos para o projeto, à supervisão técnica e garantia da qualidade dos serviços de recuperação de áreas degradadas pela erosão estão discriminadas nos quadros inseridos a seguir.

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 51 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

Recursos Humanos	Nível	Quantidade	Unidade	Quant/mês	Total de meses	Total em Hxmês
Coordenador Setorial	P0	1	H x mês	1	24	24
Engenheiro Civil Sênior	P2	2	H x mês	1	24	48
Engenheiro Agrônomo Sênior	P2	2	H x mês	1	24	48
Engenheiro Médio	P3	2	H x mês	1	24	48
Engenheiro Junior	P5	2	H x mês	1	24	48
Topógrafos-Chefe	T0	2	H x mês	1	24	48
Topógrafos Auxiliares	T1	4	H x mês	1	24	96
Desenhista Cadista	T1	2	H x mês	1	24	48
Auxiliares de Campo	T2	6	H x mês	1	24	144
Trabalhadores	T4	6	H x mês	1	24	144
Chefe de Escritório	A0	1	H x mês	1	24	24
Secretária/Arquivista	A1	2	H x mês	1	24	48
Motorista	A2	6	H x mês	1	24	144
Servente	A4	2	H x mês	1	24	48

Recursos Materiais	Unidade	Quantidade	Total de meses	Total na unidade
Computador Portátil	eq x mês	10	24	240
Impressoras	eq x mês	4	24	96
Equipamento Topografia	eq x mês	2	24	48
GPS e Maq. Fotográfica	eq x mês	6	24	144
Veículos 4 x 4	eq x mês	6	24	144
Material de escritório	eq x mês	1	24	24

9. BIBLIOGRAFIA

CEDERGREIN, H. R. - Seepage, Drainage, and Flow Nets. John Wiley & Sons. Inc. U.S.A., 1967.

CHOW, W.T. - Handbook of Applied hydrology. McGraw-Hill, 1975

DER - Manual do Projeto, parte III - Anel rodoviário de São Paulo

DNER – Manual de Drenagem de Rodovias –1990 – Tomo III – págs 303 a 342 e referências bibliográficas.

DNIT - Manual de Drenagem de Rodovias. Rio de Janeiro, 2006 LOPES, M.; “Geotêxteis em Vias de Comunicação”. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, ITG 25, Lisboa, 1997.

LORENA, M.; “Drenagem Transversal e Longitudinal de Caminhos de Ferro Modernização da Linha do Norte”. COBA, 1990. MARTINS, F.; “Dimensionamento Hidrológico e Hidráulico de Passagens Inferiores Rodoviárias para Águas Pluviais”. Departamento de Engenharia Civil da F. C. T. da Universidade de Coimbra, Março de 2000.

MOULTON, L. K. - Highway Subdrainage Design - Report FHWA - TS-80-224. U.S.Department of Transportation, 1980 SOUSA, E.; MONTEIRO, A; “Dimensionamento Estrutural e Implantação de Colectores”. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal1990.

VALEC - SUPRO – Especificações Gerais para o Projeto de Drenagem e Obras de Arte Correntes – 80.EG.000F.10.7001 – item 3.2. Estudo de Rebaixamento do Lençol Freático –2005

Tipo de Documento: NORMA GERAL	Unidade Responsável SUAMB/DIPLAN	Aprovação DIREX	Processo: 51402.017129/2012-11	Código: NGL-5.03.01-16.019	Página 52 de 52
-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------	-----------------------------------	-------------------------------	--------------------

VALEC/CONCREMAT – Projeto de engenharia da Ferrovia Norte – Sul, 2004 VERTEMATTI, J. C. - Drenagem subterrânea: Aspectos Teóricos, Construtivos e Econômicos. Curitiba, CASA DOS TENISTAS. 1998.(mimeografado)

CEDERGREIN, H. R. VERTEMATTI, J. C. (Coord). Manual Brasileiro de Geossintéticos. Edgard Blücher. São Paulo, 2004. National Highway Institute. Pavement Subsurface Drainage Design - Course NHI 13126. Federal Highway Administration, 1998.

VERTEMATTI, J.; AGUIAR, P.; “Sistemas Drenantes – Aspectos Teóricos e Práticos”. Edição de autor, 1977.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A.. Hidrologia Aplicada, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

10. VIGÊNCIA

Esta Norma Geral Ambiental foi aprovada pela Diretoria Executiva – DIREX, em sua 1172ª Reunião Extraordinária, de 24 de Julho de 2018, e entrará em vigor a partir desta data.



HANDERSON CABRAL RIBEIRO
Diretor-Presidente