

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	N° 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 1 /11	REV. 1

1. OBJETIVO

Esta especificação tem por objetivo a padronização do desenvolvimento do PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE-ARTE CORRENTES, assim como a análise das condições hidráulicas das obras-de-arte especiais, aplicáveis aos contratos relativos à elaboração do Projeto Executivo.

2. FASES DO PROJETO

O projeto poderá ser desenvolvido em duas fases:

- Projeto Básico
- Projeto Executivo

2.1 Fase Projeto Básico

Na fase de Projeto Básico serão elaboradas as concepções dos dispositivos, com definição de suas características geométricas, dimensões e tipos de revestimentos que permitam o esboço das soluções necessárias. Deverão ser elaborados quantitativos dos serviços de tal forma que o segmento ferroviário seja protegido da ação das águas superficiais e profundas.

Tendo em vista seu maior impacto no custo das obras, cuidados especiais deverão ser tomados na definição das obras de maior porte (bueiros duplos e triplos celulares, pontilhões e pontes).

2.2 Fase Projeto Executivo

A fase de Projeto Executivo será desenvolvida a partir das concepções aprovadas no projeto básico e compreende a sua complementação e detalhamento. Nesta etapa deverão ser apresentadas todas as informações, elementos construtivos e especificações que permitam a execução das obras, bem como deverá ser efetuada a determinação das quantidades de serviços.

3. CLASSIFICAÇÃO DAS OBRAS

3.1 Drenagem Superficial

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	N° 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 2 /11	REV. 1

A drenagem superficial consiste na coleta e escoamento das águas superficiais que atingem ou que possam atingir a ferrovia.

O sistema de drenagem superficial, para efeito desta especificação compõe-se essencialmente dos seguintes elementos:

- Canais de diversos tipos;
- Bueiros de greide;
- Dissipadores de energia;
- Saídas d' água;
- Descidas d' água;
- etc..

3.2 Drenagem Subterrânea

A drenagem subterrânea destina-se à interceptação e remoção das águas do subsolo que possam causar danos à ferrovia.

O sistema de drenagem subterrânea, para efeito desta Instrução, compõe-se, essencialmente, de:

- Drenos longitudinais;
- Drenos transversais;
- Colchão drenante;
- Drenos subhorizontais;
- Drenos verticais.

3.3 Obras de Transposição de Talwegues

Este subitem do projeto de drenagem será dividido em duas partes a saber: obras-de-arte correntes e obras-de-arte especiais.

Nas obras-de-arte correntes estão inclusos os bueiros tubulares e bueiros celulares os quais tem uma metodologia de dimensionamento hidráulico diversa das obras de arte especiais.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	Nº 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 3 / 11	REV. 1

As chamadas obras de arte especiais compõem-se, para efeito destes projetos, das pontes e pontilhões. A verificação das pontes, sob o ponto-de-vista do comportamento hidráulico, é imprescindível às definições geométrico estruturais da obras.

Para efeito de análise hidráulica, os pontilhões, são tratados de forma semelhante às pontes.

4. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

Os métodos de dimensionamento hidráulico pela presente especificação fundamentam-se no objetivo de padronização de cálculo. Permite-se, entretanto, excepcionalmente, a adoção de outros métodos, desde que suficientemente justificados e aprovados pela coordenação.

4.1 Dimensionamento dos Dispositivos de Drenagem Superficial

4.1.1 Canais

Como canais de drenagem se entendem:

- Valetas de proteção de cortes e aterros;
- Sarjetas de cortes, de aterros e banquetas;
- Valetões e corta-rios;
- Valetas laterais;
- Canais de entrada e saída de obras-de-arte correntes.

O dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial será feito através de determinação da seção de vazão, calculada mediante a fórmula de Manning associada à equação de continuidade.

O dimensionamento possibilitará o estabelecimento dos comprimentos críticos para cada tipo de obra, em função da declividade dos segmentos a que correspondem, da rugosidade, seção de vazão, velocidade etc.; definir-se-ão assim, comprimentos máximos aos segmentos nos quais a obra é capaz de conduzir sem transbordamento, uma dada descarga afluente.

Os resultados obtidos permitirão a confecção de tabelas, curvas e nomogramas, adequados à rápida consulta, para avaliação das soluções propostas pelas projetistas.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	N° 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 4 /11	REV. 1

Para o dimensionamento destes dispositivos deverão ser considerados os seguintes parâmetros:

- Borda livre: 5 cm
- Velocidade mínima admissível: 0,6 m/s
- Velocidade máxima admissível conforme quadro abaixo:

MATERIAL	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)
Argila dura	1,1
Gramma	1,8
Solo Cimento	2,0
Gabiões	2,5
Alvenaria	2,5
Rocha Sã	4,0
Concreto	5,0

- Coeficiente de rugosidade (n) deverão ser considerados seguintes valores:

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE
Superfície em terra	0,020
Superfície gramada	0,025
Superfície em solo-cimento	0,017
Superfície revestida de concreto	0,015
Superfície revestida de alvenaria de pedra argamassada	0,022
Superfície de alvenaria de tijolo cerâmico	0,017

4.1.2 Bueiros de greide

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	Nº 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 5 /11	REV. 1

Os bueiros de greide serão dimensionados pela Teoria da Vazão Crítica considerando-se a obra operando com lâmina d'água livre a montante para a descarga calculada considerando o período de recorrência de 15 anos.

Neste dimensionamento deverão ser considerados os seguintes critérios:

- Dimensão mínima de bueiros:
 - Tubular: $\varnothing = 1,0\text{m}$
 - Celular: altura = 1,0 m
largura = 1,0 m
- Nos casos dos bueiros de greide em que o recobrimento mínimo não puder ser atendido, admite-se a substituição da seção tubular mínima ($\varnothing = 1,0\text{m}$) pela seção celular de 1,0 x 1,0m podendo o sub-lastro ferroviária apoiar-se diretamente sobre a laje superior da obra desde que convenientemente dimensionada.
- Velocidade mínima admissível: 0,75 m/s;
- Velocidade máxima no interior do bueiro: 4,50 m/s;
- Velocidade máxima de saída deverá ser calculada de forma a não causar danos às áreas adjacentes (erosão). Quando esta velocidade exceder à velocidade máxima permissível do terreno, deverá ser indicada a construção de dissipador de energia
- Recobrimento mínimo: - 1,0 m para os bueiros tubulares
- zero para os bueiros celulares
- Materiais: preferencialmente deverão ser utilizados os seguintes tipos de materiais.
 - tubos de concreto armado até $\varnothing 1,2\text{m}$;
 - bueiros celulares de concreto armado a partir $b=1,0\text{m}$ e $h=1,0\text{m}$.

4.1.3 Dissipadores de energia

Nos casos em que as águas atinjam velocidades superiores à máxima recomendada, deverão ser empregados dispositivos denominados dissipadores de energia com a finalidade de limitar estas velocidades e evitar processos erosivos. O seu dimensionamento deverá levar em conta a vazão, velocidade do fluxo e material disponíveis na região.

4.1.4 Saídas d' água / entradas d' água

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	Nº 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 6 /11	REV. 1

As saídas d'água, também chamadas de entradas d'água, serão projetadas para conduzir as águas coletadas nas sarjetas de aterro e dirigi-las às descidas d'água. São, portanto, dispositivos de transição entre as sarjetas de aterro e as descidas d'água. Serão projetados no bordo da plataforma, nos pontos onde é atingido o comprimento crítico da sarjeta, nos pontos baixos das curvas verticais côncavas, junto às pontes, pontilhões e viadutos e, algumas vezes, nos pontos de passagem de aterro para corte.

4.1.5 Descidas d'água

As descidas d' água serão previstas com objetivo de conduzir as águas provenientes de outros dispositivos e/ou do terreno natural até cotas menos elevadas.

Tais obras poderão ser previstas em degraus ou calhas, e deverão ser dimensionadas de forma a conduzir as descargas sem danos para as áreas adjacentes.

A sua localização será definida nos locais onde sejam atingidos os comprimentos críticos das obras de drenagem superficial, ou em pontos propícios à acumulação de água devido à geometria da linha (pontos baixo de greide) e encontros de pontes e viadutos.

Este tipo de obra de drenagem poderá ser prevista também nos pontos baixos do terreno natural em locais de corte e para dar escoamento seguro a saída de bueiros.

4.1.6 Bacias de Amortecimentos

São plataformas construídas nos pontos de descarga dos bueiros e descidas d' água e outros dispositivos para dissipar a energia e limitar a velocidade de saída evitando danos às áreas adjacentes (erosão).

4.2 Dimensionamento dos Dispositivos de Drenagem Subterrânea

Os dispositivos de drenagem profunda deverão ser dimensionados de forma a se evitar que haja ascensão do lençol freático acima de uma profundidade d dada por:

-Lençol freático antes da drenagem.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	Nº 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 7 / 11	REV. 1

-Lençol freático durante a drenagem.

RELAÇÃO ADIMENSIONAIS PARA DRENAGEM DE 2 DRENOS PARALELOS

$\frac{q}{KD}$	$\frac{t.K.D.}{YW^2}$	$\frac{d}{D}$
0,80	10^{-3}	0,06
0,47	10^{-2}	0,37
0,25	10^{-1}	0,79

- ❖ q = Descarga para unidade de comprimento ($m^3/m/dia$) por unidade de tempo;
- ❖ t = Tempo decorrido desde a implantação de drenagem (dias);
- ❖ k = coeficiente de permabilidade (m/dia);
- ❖ d = Diferença de cota entre o lençol freático, antes e durante a drenagem (m);
- ❖ Y = Volume de água drenável por unidade de solo = 0,1 (adimensional);
- ❖ W = Distância entre drenos (m);
- ❖ D = Diferença da cota entre o lençol freático antes da drenagem e a posição dos drenos (m).

O dimensionamento dos drenos será feito com o emprego da Fórmula de Darcy, considerando-se:

- Declividade longitudinal igual à do greide da ferrovia, não podendo ser inferior à 0,30%;
- Profundidade mínima de 1,50 m;
- Materiais:
 - Os filtros dos drenos poderão ser executados com material granular graduado (areia) ou manta de poliester com a mesma finalidade;
 - Como material drenante deverá ser empregada, preferencialmente, brita com granulometria adequada.
 - Os drenos poderão ser executados com tubos de concreto poroso ou perfurados. No caso do uso de drenos cegos deverá ser empregado material granular de elevada permeabilidade (brita).

4.3 Drenos Verticais

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	N° 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 8 /11	REV. 1

Consoante recomendação dos Estudos Geotécnicos poderá ser prevista a execução de drenos verticais objetivando a aceleração do adensamento em locais de ocorrência de solos compressíveis.

Esses drenos verticais serão executados através da perfuração no solo com preenchimento do espaço obtido com areia solta, sendo o diâmetro do dreno geralmente de 50 cm.

O espaçamento destes drenos, que deverá se situar entre 2 e 5 m, será objeto de análise específica considerando-se o grau de adensamento do solo envolvido e o tempo de recalque esperado.

Como alternativa do processo poderá ser considerado a aplicação de dreno fibro-químico, adotando-se tal solução quando vier a se tornar favorável através de avaliação técnico-econômica.

4.4 Bueiros de talwegues

Os bueiros serão dimensionados pela Teoria da Vazão Crítica considerando-se a obra operando com lâmina d'água livre a montante para a descarga calculada considerando o período de recorrência de 25 anos.

Deverá ser procedida a verificação do escoamento para a descarga calculada considerando o período de 50 anos, admitindo-se a sobreelevação máxima de 1 metro. Para esta situação deve-se utilizar os ábacos e os procedimentos contidos na publicação *“Hydraulic Charts for Selection of Highway Culverts, Hydraulic Engineering – Circular5 – do atual U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION – dezembro 1965.*

Deve-se analisar a seção de controle e as condições de escoamento e verificar os níveis de inundação a montante, de maneira a evitar prejuízos tanto a terceiros como ao corpo estradal.

Neste dimensionamento deverão ser considerados os seguintes critérios:

- Dimensão mínima de bueiros:

-Tubular: $\varnothing = 1,0 \text{ m}$

-Celular: altura = 1,5 m

largura = 1,5 m

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	N° 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 9 /11	REV. 1

- Nos casos dos bueiros de greide em que o recobrimento mínimo não puder ser atendido, admite-se a substituição da seção tubular mínima ($\varnothing = 1,0$ m) pela seção celular de 1,0 x 1,0 m podendo a superestrutura ferroviária apoiar-se diretamente sobre a laje superior da obra desde que convenientemente dimensionada.
- Nos casos em que a altura de aterro for insuficiente para a execução do bueiro celular de dimensões mínimas (altura = 1,5 m) admitir-se-á a adoção de obras com alturas inferiores à mínima especificada, desde que as condições hidráulicas e estruturais sejam atendidas. Nestas obras a superestrutura também poderá apoiar-se diretamente sobre a laje superior.
- Velocidade mínima admissível: 0,75 m/s;
- Velocidade máxima no interior do bueiro: 4,50 m/s;
- Velocidade máxima de saída deverá ser calculada de forma a não causar danos às áreas adjacentes (erosão). Quando esta velocidade exceder à velocidade máxima permissível do terreno, deverá ser indicada a construção de dissipador de energia
- Recobrimento mínimo: 1,0m para os bueiros tubulares
zero para os bueiros celulares
- Materiais: preferencialmente deverão ser utilizados os seguintes tipos de materiais.
 - tubos de concreto armado até $\varnothing 1,2$ m;
 - bueiros celulares de concreto armado a partir 1,0 m.

4.5 Dimensionamento Hidráulico das Pontes e Pontilhões

O dimensionamento hidráulico das pontes e pontilhões compreende a análise dos efeitos da vazão através da seção das obras, com vistas à determinação das influências, quanto à elevação da superfície livre e da velocidade de escoamento, quando da ocorrência de grandes caudais.

Esta verificação será efetivada mediante aplicação da fórmula de Manning aliada à equação de continuidade, considerando-se o canal natural de escoamento e o conseqüente à execução de aterros de aproximação.

Por premissa, é considerada suficiente a seção de vazão que satisfaça à descarga de projeto, calculada nos Estudos Hidrológicos, com folga mínima de 1,00 m e o valor desejável de 2,00 m, entre o nível da máxima enchente e a superfície inferior da superestrutura, e à qual não correspondam velocidades destrutivas nas saias dos aterros.

Os coeficientes de rugosidade (n), a utilizar nessas condições, são os indicados na tabela seguinte.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	N° 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 10 /11	REV. 1

NATUREZA DA SUPERFÍCIE DOS CURSOS NATURAIS

A) Águas Altas

❖ margens retas, leito limpo sem poços ou depressões;	0,025
❖ margens retas, leito com algumas pedras e vegetações;	0,030
❖ margens sinuosas, leito limpo, com alguns poços e baixios;	0,035
❖ margens sinuosas, leito limpo, com algumas pedras e vegetação.	0,045

B) Águas Baixas

❖ margens sinuosas, leito limpo, com alguns poços e baixios;	0,040
❖ margens sinuosas em trechos pedregosos	0,045

As velocidades médias, determinadas através das fórmulas indicadas, deverão ser mantidas em valores inferiores aos correspondentes ao início da erosão dos leitos, explicitados em continuação.

TIPOS DE LEITO	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)
Lodo ou vaza	0,50
Areia fina	0,80
Areia média	1,00
Areia compacta	1,50
Saibro	1,80
Cascalho, rio com leito estável	2,00

Casos particulares, de pontes localizadas em áreas de reserva hídrica, deverão ser submetidos à análise dos órgãos responsáveis, para efeito de preservação das condições dominantes de utilização do reservatório.

Também nos casos de ocorrência de deposições permanentes, os sedimentos industriais deverão ser considerados; enfatizam-se no particular, os segmentos próximos aos rios com despejos de lavagem de minério, nos quais se verifica contínuo assoreamento. A análise em tais casos, deverá ser criteriosa, envolvendo inclusive, os canais ou valetas de deságüe de bueiros.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO		
TÍTULO: PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS-DE- ARTE CORRENTES	N° 80-EG-000A-19-0000	FOLHA 11 /11	REV. 1

5. APRESENTAÇÃO

O PROJETO DE DRENAGEM E OAC será apresentado com memória descritiva e justificativa e documentação tabular e gráfica, abrangendo essencialmente:

- Memorial de Cálculo;
- Memorial Descritivo;
- Especificação dos Serviços e Materiais;
- Quantidades de serviços/materiais;
- Desenhos.