

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS – FEAMIG

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRADAS

LINHA DE PESQUISA – DRENAGEM DE RODOVIAS

PROJETO DE DISPOSITIVOS DE CAPTAÇÃO E ENCAMINHAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS

BELO HORIZONTE

SETEMBRO/2014

Alexandre Corrêa Galvão

PROJETO DE DISPOSITIVOS DE CAPTAÇÃO E ENCAMINHAMENTO DE
ÁGUAS PLUVIAIS NAS ESTRADAS

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG) como pré-requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Estradas com Ênfase em Drenagem.

Orientador: Prof. Marcos Marques Moreira Rocha

BELO HORIZONTE

SETEMBRO/2014
LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Índice pluviométrico mensal.....	10
FIGURA 2 – Média mensal dos dias de chuva.....	11
FIGURA 3 – Mapa de Postos lindeiros ao trecho.....	12
GRÁFICO 1 – Precipitação, duração, frequência posto Alto Rio Novo (ES).....	15
GRÁFICO 2 – Intensidade, duração, frequência posto Alto Rio Novo (ES).....	16

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 – Características Climáticas.....	09
QUADRO 2 – Tempo de recorrência.....	14
TABELA 1 – Precipitações máximas posto Alto Rio Novo (ES).....	14
TABELA 2 – Intensidade de precipitação posto Alto Rio Novo (ES).....	15
TABELA 3 – Cálculo do comprimento crítico de sarjeta.....	20

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	5
2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS	6
2.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS	6
2.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E PLUVIOMÉTRICA DA ÁREA DO PROJETO..	6
2.2.1 Clima	7
2.2.2 Pluviometria	8
2.2.3 Hidrografia	11
2.3 DETERMINAÇÃO DO REGIME DE CHUVA	11
2.3.1 Definição do posto representativo	13
2.3.2 Tempo de recorrência	13
3 PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL	16
3.1 INTRODUÇÃO	16
3.2 SARJETAS DE CONCRETO	17
3.3 DIMENSIONAMENTO	17
4 MONTAGEM DE TABELA COM FÓRMULAS DO EXCEL	20
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23
ANEXO A	24
1 APRESENTAÇÃO	

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem por objetivo dar subsídios técnicos e científicos e mostrar de forma simples e prática os princípios básicos para desenvolver um projeto de drenagem superficial de rodovias.

A escolha do tema “projeto de dispositivos de coleta e encaminhamento de águas pluviais de estradas” se deve ao fato que grande parte dos Engenheiros que fiscalizam ou mesmo executam obras de estradas desconhecem o método de dimensionamento e escolha mais adequada para utilização destes dispositivos.

Apresentaremos, inicialmente, os Estudos Hidrológicos, e, para que sirva de modelo de cálculo utilizaremos como dados reais o projeto da rodovia Cuparaque – Goiabeira. Utilizando os dados do Estudo Hidrológico faremos o cálculo do comprimento crítico das sarjetas. Por fim, montaremos uma tabela com fórmulas do Excel de maneira a facilitar os cálculos no dia a dia dos Engenheiros construtores e fiscais.

2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com o objetivo de prover os elementos básicos necessários à caracterização climática e pluviométrica da região do projeto. Foram estabelecidas as correlações precipitação-escoamento, possibilitando a determinação das descargas máximas nas bacias hidrográficas em estudo, visando o adequado dimensionamento do sistema de drenagem proposto para a rodovia municipal de Cuparaque - Goiabeira.

Os estudos desenvolvidos englobaram as etapas de coleta e análise de dados; caracterização climática e pluviométrica da área do projeto; determinação das características da bacia hidrográfica; definição do regime de chuvas da região; e determinação das vazões de Projeto.

2.1 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

O desenvolvimento de estudos hidrológicos para qualquer finalidade exige a pesquisa e coleta de dados básicos, envolvendo, principalmente, estudos existentes, informações cartográficas, informações pluviométricas e observações de campo. As informações cartográficas são importantes na caracterização morfométrica das bacias hidrográficas em estudo.

A análise dos dados pluviométricos ou pluviográficos obtidos permitem a definição do modelo de chuvas representativo da região do projeto. As observações de campo possibilitam a estimativa de parâmetros relativos ao solo, tipo de cobertura vegetal, determinação de percentagens de áreas permeáveis e impermeáveis, além de permitir a verificação no local das condições de conservação e funcionamento hidráulico das obras-de-arte existentes.

2.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E PLUVIOMÉTRICA DA ÁREA DO PROJETO

A caracterização climática e pluviométrica é essencial para determinação da vazão de projeto a ser considerada no dimensionamento dos dispositivos de drenagem necessários ao escoamento das águas pluviais.

2.2.1 Clima

Como se sabe a precipitação, por exemplo, é um fenômeno explicado pelo entendimento do clima, que depende de fatores estáticos (topografia, altitudes, longitudes, latitudes, presença de serras, vales, etc.) e de fatores dinâmicos como as correntes de circulação atmosférica (os anticiclones, as correntes perturbadas, etc.). Tendo em vista que o estudo das precipitações e a correta determinação dos modelos pluviográficos e das correlações precipitação-escoamento aplicáveis a uma determinada região são o principal objetivo dos estudos hidrológicos, torna-se necessário um entendimento mínimo da climatologia regional e sua manifestação na área do projeto, através da pesquisa em textos e publicações existentes sobre o assunto.

Segundo Edmon Nimer, (1979 p. 304), a região sudeste brasileira, onde se localiza a área em estudo, se caracteriza por uma notável diversificação climática, função da atuação simultânea de diversos fatores. Alguns de ordem estática, outros de natureza dinâmica. Os fatores estáticos compreendem a posição e o relevo. A região Sudeste está situada entre os paralelos 14° a 25° sul, resultando a localização de quase todas as suas terras na zona tropical. Nessa posição, a região fica submetida a forte radiação solar, uma vez que a intensidade desse fenômeno depende essencialmente da altura do sol sobre o horizonte. A radiação solar, por sua vez, cria melhores condições à evaporação, que será tanto mais ativa quanto maior o calor disponível.

A região Sudeste possui também extensa faixa litorânea, cuja superfície oceânica fica a disposição desse intenso processo de evaporação e condensação. Essa posição marítima, aliada às características de urbanização, determina uma forte e constante concentração de núcleos de condensação nas camadas inferiores da atmosfera, contribuindo assim para o acréscimo de chuvas em seu território, sempre que a região é atingida por frentes frias e outros fenômenos de ascendência dinâmica.

Com relação ao relevo, a região Sudeste oferece os maiores contrastes morfológicos do Brasil, onde são constantes as variações entre as superfícies elevadas, vales amplos e rebaixados e numerosas "serras". Esse caráter de sua topografia favorece as precipitações, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica, notadamente durante a passagem de correntes perturbadas.

Os fatores dinâmicos, por sua vez, influenciam as condições de tempo através da ação dos sistemas de circulação atmosférica. Durante todo o ano sopram ventos de Nordeste e Leste do Anticiclone Semi fixo do Atlântico Sul, que representam tempo estável e ensolarado. Essa situação é afetada somente pela chegada de correntes de circulação perturbada, responsáveis por instabilidade e bruscas mudanças de tempo, geralmente acompanhadas de chuvas. Na região Sudeste atua, principalmente, os sistemas de correntes perturbadas do sul, oeste e leste. Segundo Nimer, (1979 p. 309) o segmento em estudo se localiza em área de clima classificado, como Tropical Sub-quente Semiúmido, onde a menor frequência de temperaturas elevadas no verão e o predomínio de temperaturas amenas no inverno devem-se principalmente, à influência da altitude. Essas áreas de clima Sub-quente possuem pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C. O mês mais frio (junho ou julho) varia de 18 a 15°C, geralmente com média das mínimas diárias de 10 a 6°C. A temperatura média anual é quase sempre inferior a 22°C, variando principalmente entre 20 e 18°C. Seu verão, embora não registre máximas diárias muito elevadas, é, no entanto, quente, uma vez que seu mês mais quente acusa média superior a 22°C em quase todo o domínio.

2.2.2 Pluviometria

Assim como o clima, a pluviosidade da região Sudeste apresenta características bastante diversificadas. O regime de chuvas é determinado pela sua posição geográfica em relação à influência marítima e às correntes de circulação perturbada, e pelos contrastes morfológicos de seu relevo.

A região sudeste é bem regada por chuvas, embora seja bastante irregular a sua distribuição espacial e temporal ao longo do ano. Existem nitidamente duas áreas mais chuvosas. A primeira, estende-se no sentido SW-NE, acompanhando o litoral e a serra do Mar. A segunda,

estende-se perpendicularmente à primeira, ou seja, no sentido NW-SE, do oeste de Minas Gerais ao município do Rio de Janeiro.

Em contrapartida, algumas importantes áreas como o médio vale do rio São Francisco, o médio vale do rio Jequitinhonha e o baixo e médio vale do rio Doce, apresentam índices médios de precipitação inferiores a 1000 mm. Na área de projeto o total anual médio de precipitação é da ordem de 1476,68mm, com o período mais chuvoso no quadrimestre de dezembro a março. A duração do período mais seco é em média quatro meses, de maio a agosto. Entretanto, o aspecto mais importante do regime pluviométrico da região Sudeste, tanto nas áreas secas como nas mais chuvosas, é a notável irregularidade de sua distribuição ao longo do ano. Com efeito, existe uma enorme concentração no verão, sendo que na maior parte do território, os três meses mais chuvosos concentram acima de 50% do total pluviométrico anual.

A seguir apresentamos o quadro de resumo climático para a estação de Governador Valadares, que consta no trabalho “Normas Climatológicas” – (1961 a 1990), e, os histogramas do índice pluviométrico mensal e dos dias de chuvas para a estação de Alto Rio Novo.

Quadro2 – Características Climáticas

QUADRO DAS CARACTERÍSTICAS CLIMATICAS DA REGIÃO														
Estação: Governador Valadares		Código: 83543			Período de Observação: 1961-1990									
Operadora: ANEEL		Latitude: -18° 51' 00"						Longitude: -41° 56' 00"						
DADOS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Média Anual
temperatura Máxima (° C)	31,8	32,5	30,8	30,2	28,3	27,4	27,3	28,3	28,6	29,4	29,2	30,4	354,2	29,5
temperatura Mínima (° C)	20,4	20,4	20,1	19,0	17,0	15,0	14,8	15,7	17,2	18,8	19,5	20,2	218,1	18,2
amplitude Absoluta (° C)	11,4	12,1	10,7	11,2	11,3	12,4	12,5	12,6	11,4	10,6	9,7	10,2	136,1	11,3
insolação (horas)	177	159,0	175,8	167,8	169,7	158,6	113,3	168,1	135,8	127,7	109,0	140,5	1802,3	150,2
evaporação (mm)	81,1	79,7	80,7	72,1	64,4	62,2	73,3	92,0	90,0	92,4	70,1	70,9	928,9	77,4
precipitação Média (mm)	210,1	120,5	165,5	75,7	33,7	23,5	24,4	18,8	38,1	121,7	221	283,6	1336,6	111,4
dias de Chuva (número)	14	9	12	8	6	5	6	4	6	10	15	17	112,0	9,3
umidade Relativa (%)	76,7	74,5	73,6	76	76,6	74,7	69,3	70,9	73,6	78,4	78,9	78,9	902,1	75,2
Ind. Pluviométrico Anual (mm)	210,1	120,5	165,5	75,7	33,7	23,5	24,4	18,8	38,1	121,7	221	283,6	1802,3	111,4
Altitude da Estação:	278,500													
Clima (classificação):	Início do trecho: Sub-quente úmido.				Meio do Trecho: Sub-quente úmido.				Fim do Trecho: Sub-quente úmido.					
Vegetação:	Mata/pastagem													

Fonte: Normas Climatológicas - (1961 a 1990)

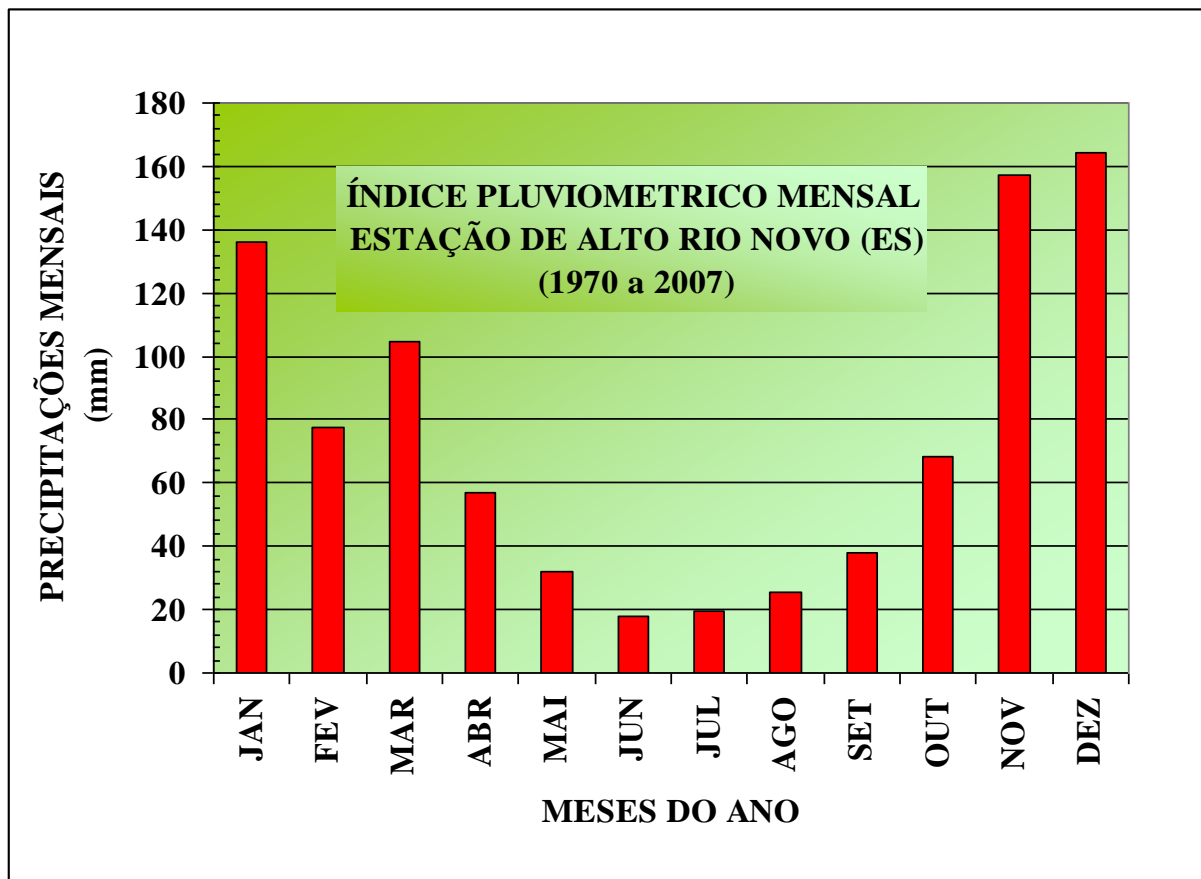


FIGURA 1 Índice Pluviométrico mensal.

Fonte: ANA (Agência Nacional das Águas).

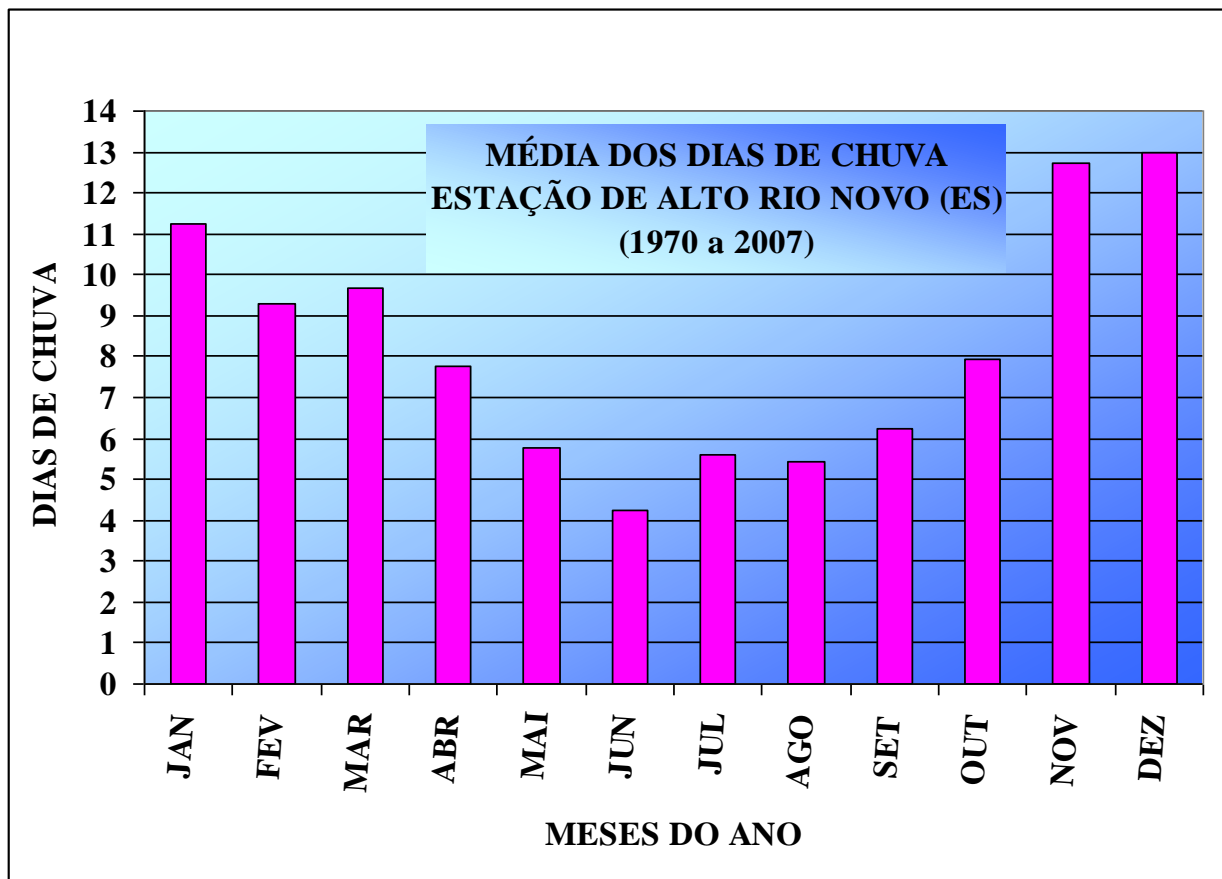


FIGURA 2 Média mensal dos dias de chuva.

Fonte: ANA (Agência Nacional das Águas).

2.2.3 Hidrografia

A região em torno do projeto é rica em recursos hídricos e os principais cursos d'água que intercepta o trecho são Córrego Boa Esperança; Córrego Pescoço Mole; Córrego Sete Pedras; Córrego Goiabeira; Córrego Ferrujão; e Córrego Coqueiro (Final do trecho).

2.3 DETERMINAÇÃO DO REGIME DE CHUVA

Para a definição do modelo de chuvas, em função da duração e dos períodos de recorrência, foram identificados inicialmente os postos estudados por Otto Pfafstetter na obra “*Chuvas*

Intensas no Brasil” e pelo convênio COPASA e Universidade Federal de Viçosa, postos esses que dispõem de equações de chuvas estabelecidas.

O posto estudado pelo Engenheiro Otto Pfafstetter e que está localizado no entorno da área do projeto é o de Teófilo Otoni (MG). Os postos estudados e apresentados no trabalho liderado pelo professor Adir José de Freitas, “Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais”, editado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA e Universidade Federal de Viçosa, são Central de Minas (ANEEL) – 24 anos de observação; Tumiritinga (ANEEL) – 26 anos de observação; e Alto Rio Novo – Espírito Santo (ANEEL) – 23 anos de observação. A seguir será apresentado o Mapa (sem escala) com a localização dos postos limdeiros ao trecho.

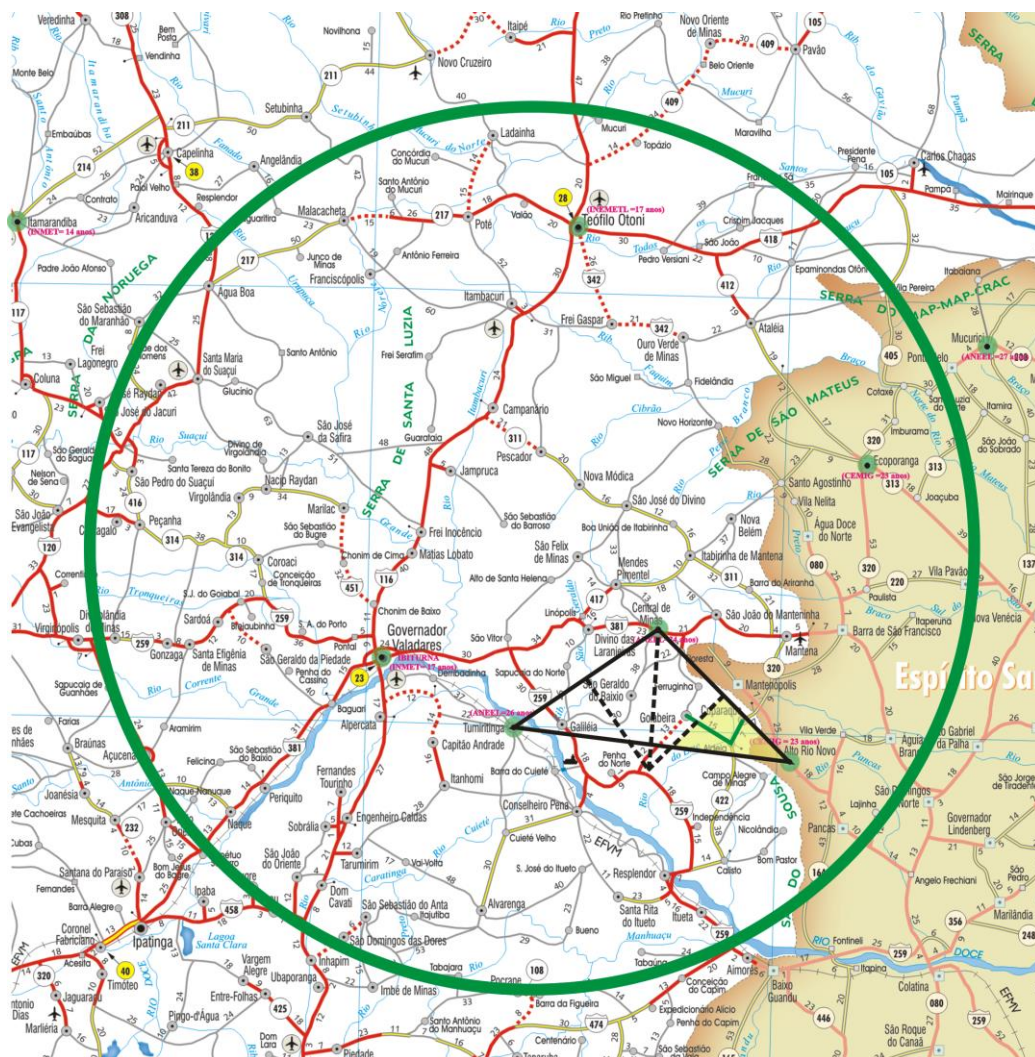


FIGURA 3 Mapa de Postos limdeiros ao trecho.

Fonte: Mapa rodoviário do Estado de Minas Gerais, 2009.

2.3.1 Definição do posto representativo

O Trecho em projeto possui várias estações com equações estudadas. O posto Pluviográfico de Teófilo Otoni estudado pelo Engenheiro Otto Pfafstetter está muito distante do trecho, sendo descartada sua indicação.

Dos postos situados próximos ao trecho e estudados pelo Convênio COPASA e Universidade Federal de Viçosa, que possuem série histórica maior que 15 anos são os de Tumiritinga (26 anos de observação), Central de Minas (24 anos de observação) e Alto Rio Novo (23 anos de observação). A estação de Alto Rio Novo localizado no Espírito Santo se encontra muito próximo ao trecho em projeto e é apontado pelo diagrama de Thiesen com maior influencia. Portanto, definimos este posto como o representativo para o projeto e tem a intensidade de chuva expressa pela equação:

$$i = \frac{1908,138 \times T^{0,208}}{(tc + 18,432)^{0,926}} \rightarrow (23anos) - \text{Estação de Alto Rio Novo}$$

i = Intensidade das precipitações, (mm/h);

T = Tempo de recorrência, (anos),

tc = Tempo de concentração, (min).

2.3.2 Tempo de recorrência

O tempo de recorrência é definido como o período que um determinado evento será igualado ou ultrapassado pelo menos uma vez. Envolve o conceito de probabilidade de ocorrência dos eventos e está associado ao “coeficiente de segurança” que se queira prestar às obras de drenagem. A um maior período de recorrência corresponde uma menor probabilidade de ocorrência de um afluxo às obras de drenagem superior ao previsto. A seguir apresentamos o quadro dos períodos de recorrência adotados no projeto, previstos na RT. 01/46.d.

Quadro 2 – Tempo de recorrência.

PERÍODO DE RECORRÊNCIA (T)		
Drenagem	Tempo de recorrência (anos)	Observações
Obras de drenagem profundas	1	-
Obras de drenagem superficial	10	-
Obras de arte tubulares	15	Dimensionados como orifício, admitindo carga hidráulica
Obras de arte celulares	25	Dimensionados como orifício, admitindo carga hidráulica
Obras de arte especiais	50	Verificar se a máxima cheia para o TR=100anos não atinge a estrutura da ponte.

Fonte: Recomendação Técnica RT.01/46.d, DER/MG, 2009.

Definindo a equação de chuva, e adotando a duração das chuvas de 5 min, 10 min, 15 min, 1h, 2h, e 4 horas para as freqüências de 10 anos, 15 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos, apresentamos a seguir os quadros das precipitações, intensidades das precipitações e as curvas de precipitação/duração/freqüência e intensidade/duração/freqüência para a estação de Alto Rio Novo.

Tabela 1 – Precipitações máximas posto Alto Rio Novo (ES)

PRECIP. MÁXIMAS POSTO PLUVIOGRÁFICO DE ALTO RIO NOVO ES								
tc	(min.)	5	15	30	60	120	360	480
	(h)	0,08	0,25	0,50	1	2	6	8
T a n o s	15	15,05	32,49	46,11	59,01	69,74	82,45	85,18
	25	16,74	36,14	51,28	65,63	77,56	91,69	94,73
	50	19,34	41,74	59,23	75,80	89,59	105,91	109,42
	100	22,33	48,21	68,41	87,56	103,48	122,33	126,39
	150	24,30	52,46	74,43	95,27	112,59	133,10	137,51
FONTE: ANEEL Dados fornecidos pela ANA - Agencia Nacional das Águas							SÉRIE HISTORICA	
							23 anos	

Fonte: Trabalho: Convenio COPASA/Universidade de Viçosa, 2001.

Tabela 2 – Intensidade de precipitação posto Alto Rio Novo (ES)

INTENS. DAS PRECIP. POSTO PLUVIOG. DE		ALTO RIO NOVO						ES	
tc	(min.)	5	15	30	60	120	360	480	
	(h)	0,08	0,25	0,50	1	2	6	8	
T a n o s	15	180,63	129,98	92,22	59,01	34,87	13,74	10,65	
	25	200,88	144,55	102,55	65,63	38,78	15,28	11,84	
	50	232,03	166,96	118,46	75,80	44,79	17,65	13,68	
	100	268,02	192,86	136,83	87,56	51,74	20,39	15,80	
	150	291,60	209,83	148,87	95,27	56,29	22,18	17,19	
FONTE: ANEEL Dados fornecidos pela ANA - Agencia Nacional das Águas							SÉRIE HISTORICA		
							23 anos		

Fonte: Trabalho: Convenio COPASA/Universidade de Viçosa, 2001

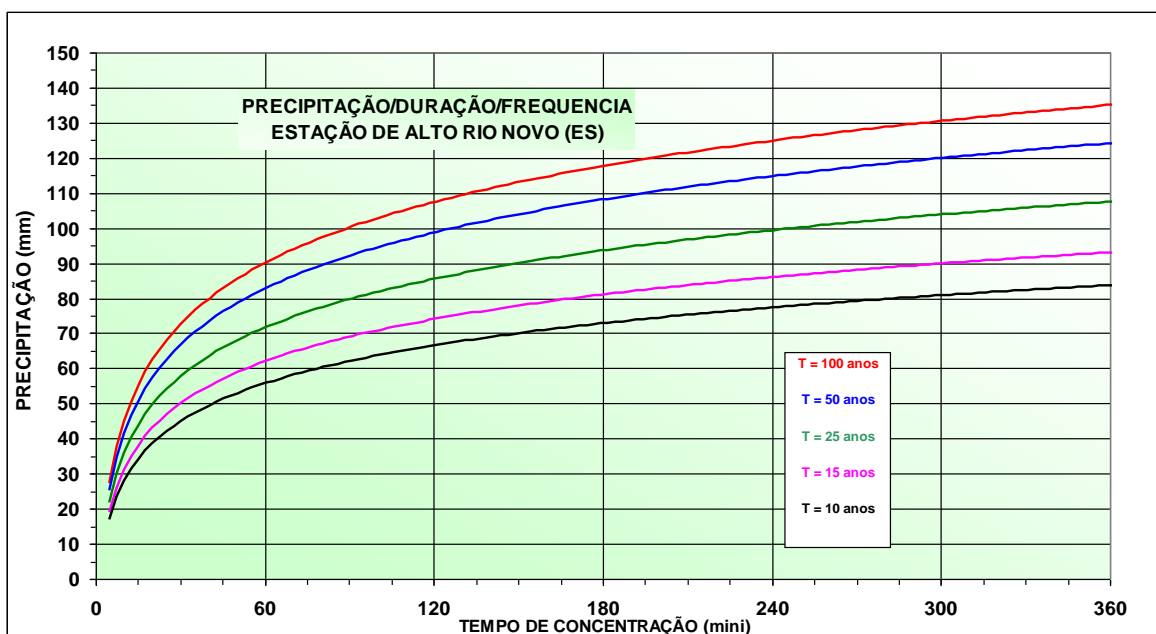


Gráfico 1 – Precipitação, duração, frequência posto Alto Rio Novo (ES).

Fonte: Trabalho: Convênio COPASA/Universidade de Viçosa, 2001.

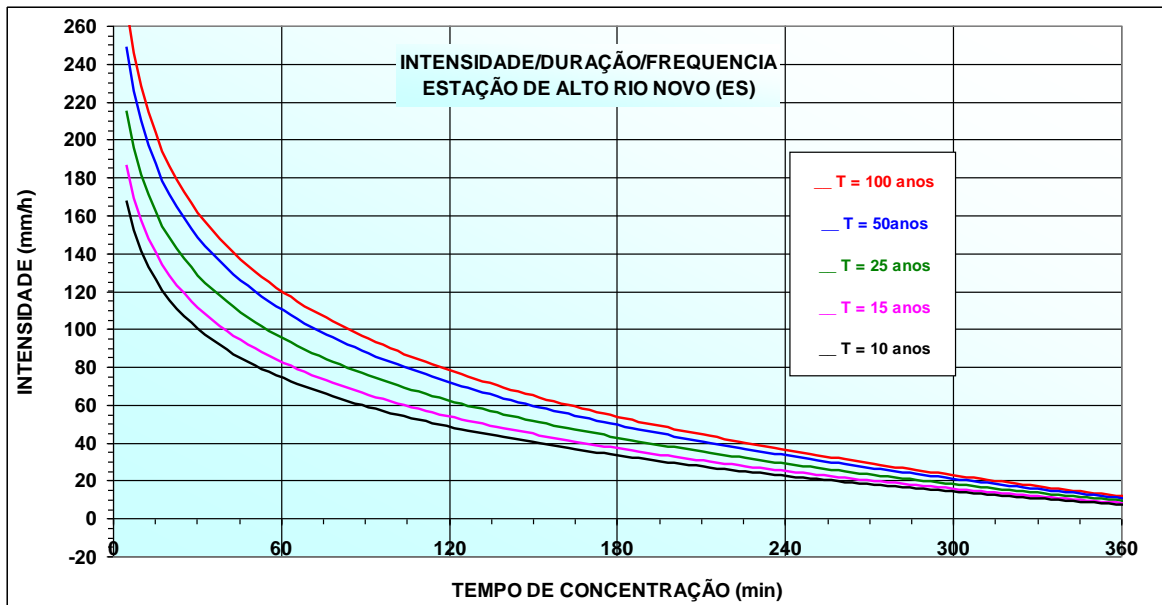


Gráfico 2 – Intensidade, duração, frequência posto Alto Rio Novo (ES).

Fonte: Trabalho: Convênio COPASA/Universidade de Viçosa, 2001.

3 PROJETO DE DRENAGEM SUPERFICIAL

3.1 INTRODUÇÃO

Os dispositivos de drenagem superficial têm por finalidade coletar as águas que precipitam sobre a plataforma, encaminhando-as e direcionando-as a locais seguros de deságue, evitando assim erosões e danos ao pavimento da via e ao Meio-ambiente. Dentre os diversos tipos de dispositivos padrões existentes, normalmente, são indicados nos projetos do Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais para a drenagem superficial os seguintes:

- Sarjetas de concreto em corte e aterro dos tipos: DR. SCC 50/10, DR. SCC 50/15, DR. SCC 50/20, DR. SCC 70/30, DR. SCA 30/10, DR. SCA 30/15;
- Meio-fio de concreto;
- Valetas de proteção de corte dos tipos: DR. VP-01 E DR.VP-03;
- Saídas d'água de corte e aterro dos tipos: DR. SDA-01, DR. SDA-02 e DR. SDC-01;
- Descidas d'água de aterro do tipo DR. DSA-01, DR.DSA-03 e DR.DSA-03A;
- Caixas coletoras tipo DR. CX-01.

3.2 SARJETAS DE CONCRETO

Sarjetas são dispositivos de concreto de forma triangular indicados nos cortes e aterros. Têm como finalidade coletar as águas precipitadas sobre os taludes e pista, encaminhando-as para fora da plataforma, através das saídas d'água de corte ou aterro, conforme o posicionamento.

Para trechos que não apresentem segmentos de rampas verticais elevadas e possuam aterros de baixa altura não há necessidade de execução destes dispositivos. As sarjetas deverão ser indicadas nos intervalos onde possa iniciar o processo erosivo e em aterros com altura superior a 2,50m.

3.3 – DIMENSIONAMENTO

Para facilitar o dimensionamento hidráulico das sarjetas foram montadas tabelas de comprimento crítico em função da largura de implúvio e a rampa longitudinal. O comprimento crítico das sarjetas é definido como o ponto de transbordamento d'água, e irá variar em função da largura de contribuição, da geometria do dispositivo e da declividade da sarjeta que coincide com a declividade longitudinal da pista projetada.

A vazão da bacia contribuinte é calculada através do método racional, igualando à vazão da bacia contribuinte à vazão do condutor, que fornece o comprimento crítico das sarjetas, em que:

$$Q_{bacia} = \frac{C \times I \times A}{3,6}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento superficial, sendo adotados os seguintes valores:

Sarjeta de aterro: C = 0,90;

Sarjeta de corte: C = 0,70;

I = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia hidrográfica contribuinte calculada pela expressão abaixo.

$$A = L \cdot l$$

Assim:

$$Q_{bacia} = \frac{C \times I \times L \times l}{3,6}$$

A vazão da sarjeta é dada pela fórmula:

$$Q_{sarjeta} = \frac{S \times Rh^{2/3} \times i^{1/2}}{n}$$

S = seção de vazão da sarjeta (m²);

Rh = raio hidráulico (m);

i = declividade da sarjeta, considerada a mesma inclinação do greide (m/m);

n = coeficiente de Manning. Para o concreto da sarjeta será adotado n = 0,015.

Fazendo,

$$Q_{bacia} = Q_{condutor}$$

$$\frac{C \times I \times L \times l}{3,6} = \frac{S \times Rh^{2/3} \times i^{1/2}}{n}$$

Assim, pode-se tirar o comprimento crítico para as sarjetas através da seguinte fórmula:

$$L = \frac{3,6 \times 10^6 \times S \times Rh^{2/3} \times i^{1/2}}{C \times n \times I \times l}$$

onde:

L = comprimento crítico para sarjetas (m);

i = declividade do greide (m/m);

Rh = raio hidráulico (m);

C = coeficiente de escoamento superficial, sendo adotado C = 0,70 m para áreas gramadas, 0,85 m para áreas edificadas e 0,90 m para áreas pavimentadas;

n = coeficiente de Manning, adotado (n = 0,015);

I = intensidade de precipitação (mm/h);

l = largura de implúvio (m).

Através da equação do comprimento crítico das sarjetas deduzida acima, podem-se elaborar as planilhas para os comprimentos críticos, variando-se a declividade do *greide* e a largura de contribuição, apresentadas a seguir.

Foram adotadas as seguintes sarjetas:

- DR-SCA 30/10;
- DR-SCA 30/15;
- DR-SCC 50/10;
- DR-SCC 50/15;
- DR-SCC 50/20;
- DR-SCC 70/30.

A sarjeta do tipo DR. SCC 70/30 foi indicada nas banquetas de corte.

Em anexo serão apresentadas as tabelas de comprimento crítico das sarjetas em função da largura de contribuição e de rampa longitudinais.

4 MONTAGEM DA TABELA COM FÓRMULAS DO EXCEL

Para a montagem das tabelas para cálculo de comprimentos críticos dos dispositivos de drenagem será necessário que se faça uma tabela para cada tipo de dispositivo, pois, suas dimensões são variadas. Além disso, temos que considerar que ao longo dos trechos das rodovias teremos como variáveis diversas alturas de corte originando diferentes larguras de implúvio e variadas declividades

Portanto, nas linhas horizontais faremos a variação das declividades e nas colunas variaremos as larguras de implúvio. Exemplo:

Tabela 3 – Cálculo do comprimento crítico de sarjeta

COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETA TIPO SCC 50/10										
DECLIVIDADE (%)	LARGURA DE IMPLÚVIO									
	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
0,500										
0,750										
1,000										
1,250										
1,500										
1,750										
2,000										
2,500										
3,000										
3,500										
4,000										
4,500										
5,000										
5,500										
6,000										
6,500										
7,000										
7,500										
8,000										
8,500										
9,000										
9,500										
10,000										

Fonte: Projeto de estrada, trecho Cuparaque – Goiabeira, 2010.

Como primeiro passo, temos que identificar a equação para cálculo da intensidade das precipitações, normalmente apresentada nos projetos rodoviários nos estudos hidrológicos. No nosso caso:

$$i = \frac{1908,138 \times T^{0,208}}{(tc + 18,432)^{0,926}}$$

Onde:

T = 10 anos e tc = 10 minutos

Convertendo para o Excel,

$$I = (1908,138 * \text{POTÊNCIA}(10;0,208)) / \text{POTÊNCIA}((10+18,432);0,926)$$

$$I = 151,012 \text{ mm/h}$$

Após o cálculo da intensidade faremos o desenvolvimento do cálculo do comprimento crítico.

Como já desenvolvido anteriormente:

$$L = \frac{3,6 \times 10^6 \times S \times Rh^{2/3} \times i^{1/2}}{C \times n \times I \times l}$$

E considerando que para a sarjeta tipo SCC 50/10, temos:

$$S = 0,025 \text{ m}^2, Rh = 0,1268$$

E utilizando os coeficientes:

$$C = 0,70 \text{ m (áreas gramadas)}, n = 0,015$$

Convertendo a fórmula de cálculo matemática para o Excel teremos para cálculo de L:

$$=(3600000*0,025*(\text{POTÊNCIA}(0,1268;2/3))*(\text{POTÊNCIA}(A5;1/2)))/(0,70*0,0015*151,012 *B3)$$

Em que:

A5 – Célula em que está localizada a primeira declividade, e,

B3 – Corresponde à célula em que está localizada a primeira largura de implúvio.

Copiando esta fórmula para as várias células da TAB. 1 teremos todo o cálculo feito para as diversas larguras de implúvio combinadas com as diversas declividades.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira parte deste trabalho até a determinação do regime de chuva, com a consequente determinação da intensidade das precipitações foi citada neste trabalho para dar uma visão global do dimensionamento e origem dos dados utilizados na confecção das tabelas de cálculo do comprimento crítico.

A determinação da intensidade de precipitação pode parecer difícil ao engenheiro de obra, no entanto, nos projetos atuais aprovados pelo Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais é exigido que este cálculo seja feito e faça parte da memória justificativa de projeto.

Para determinação do comprimento crítico de uma determinada sarjeta ou o máximo comprimento que o dispositivo pode ter sem que haja transbordamento bastará ao engenheiro uma consulta ao projeto para coleta de dados e posterior aplicação nas fórmulas para a montagem das tabelas.

REFERÊNCIAS

ANA (Agencia Nacional das Águas) – **Totais pluviométricos mensais e diários para a Estação de Campo Novo** – Código 1644004 período 1970 a 2007, fornecido pela através do Hidroweb, acesso em dezembro 2009.

BAPTISTA, Márcio; LARA, Márcia. **Fundamentos de Engenharia Hidráulica**, 3. Ed., Minas Gerais, UFMG, 2010.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS e UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais**, 2001.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE MINAS GERAIS. **Projeto de estrada, trecho Cuparaque a Goiabeira**, 2010.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas topográficas**, localidades de Itabirinha de Mantena, folha (SE-24-Y-A-V) e Conselheiro Pena, folha (SE-24-Y-C-II), na escala 1:100.000.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil Região Sudeste**, 1977.

PFAFSTETTER, Otto. **Chuvas Intensas no Brasil**, MINISTÉRIO DA VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS – DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS DE SANEAMENTO, 1957.

ANEXO A - TABELAS DE CÁLCULO DO COMPRIMENTO CRÍTICO DE SARJETAS

Tabela 4 – Comprimento Crítico SCC 50/10

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO SCC 50/10										
LARGURA DE IMPLUVIO (m)	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
i = 0,50 %	62	47	37	31	27	23	21	19	15	12
i = 0,75 %	76	57	46	38	33	29	25	23	18	15
i = 1,00 %	88	66	53	44	38	33	29	26	21	18
i = 1,25 %	98	74	59	49	42	37	33	30	24	20
i = 1,50 %	108	81	65	54	46	40	36	32	26	22
i = 1,75 %	117	87	70	58	50	44	39	35	28	23
i = 2,00 %	125	93	75	62	53	47	42	37	30	25
i = 2,50 %	139	104	84	70	60	52	46	42	33	28
i = 3,00 %	153	114	92	76	65	57	51	46	37	31
i = 3,50 %	165	124	99	82	71	62	55	49	40	33
i = 4,00 %	176	132	106	88	76	66	59	53	42	35
i = 4,50 %	187	140	112	93	80	70	62	56	45	37
i = 5,00 %	197	148	118	98	84	74	66	59	47	39
i = 5,50 %	207	155	124	103	89	77	69	62	50	41
i = 6,00 %	216	162	129	108	92	81	72	65	52	43
i = 6,50 %	225	168	135	112	96	84	75	67	54	45
i = 7,00 %	233	175	140	117	100	87	78	70	56	47
i = 7,50 %	241	181	145	121	103	90	80	72	58	48
i = 8,00 %	249	187	149	125	107	93	83	75	60	50
i = 8,50 %	257	193	154	128	110	96	86	77	62	51
i = 9,00 %	264	198	159	132	113	99	88	79	63	53
i = 9,50 %	272	204	163	136	116	102	91	81	65	54
i = 10,0 %	279	209	167	139	119	104	93	84	67	56

FONTE: Convênio COPASA/Universidade de Viçosa

Tabela 5 - Comprimento crítico SCC 50/15

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO SCC 50/15										
LARGURA DE IMPLUVIO	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
i = 0,50 %	117	88	70	58	50	44	39	35	28	23
i = 0,75 %	143	107	86	72	61	54	48	43	34	29
i = 1,00 %	165	124	99	83	71	62	55	50	40	33
i = 1,25 %	185	139	111	92	79	69	62	55	44	37
i = 1,50 %	203	152	122	101	87	76	68	61	49	41
i = 1,75 %	219	164	131	109	94	82	73	66	53	44
i = 2,00 %	234	175	140	117	100	88	78	70	56	47
i = 2,50 %	262	196	157	131	112	98	87	78	63	52
i = 3,00 %	287	215	172	143	123	107	96	86	69	57
i = 3,50 %	309	232	186	155	133	116	103	93	74	62
i = 4,00 %	331	248	199	165	142	124	110	99	79	66
i = 4,50 %	351	263	211	175	150	132	117	105	84	70
i = 5,00 %	370	277	222	185	159	139	123	111	89	74
i = 5,50 %	388	291	233	194	166	145	129	116	93	78
i = 6,00 %	405	304	243	203	174	152	135	122	97	81
i = 6,50 %	422	316	253	211	181	158	141	127	101	84
i = 7,00 %	438	328	263	219	188	164	146	131	105	88
i = 7,50 %	453	340	272	227	194	170	151	136	109	91
i = 8,00 %	468	351	281	234	201	175	156	140	112	94
i = 8,50 %	482	362	289	241	207	181	161	145	116	96
i = 9,00 %	496	372	298	248	213	186	165	149	119	99
i = 9,50 %	510	382	306	255	219	191	170	153	122	102
i = 10,0 %	523	392	314	262	224	196	174	157	126	105

FONTE: Convênio COPASA/Universidade de Viçosa

Tabela 6 - Comprimento crítico SCC 50/20

COMPRIMENTO CRÍTICO DA SARJETA DE CORTE TIPO SCC 50/20										
LARGURA DE IMPLUVIO (m)	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
i = 0,50 %	179	134	107	89	77	67	60	54	43	36
i = 0,75 %	219	164	131	110	94	82	73	66	53	44
i = 1,00 %	253	190	152	127	108	95	84	76	61	51
i = 1,25 %	283	212	170	141	121	106	94	85	68	57
i = 1,50 %	310	232	186	155	133	116	103	93	74	62
i = 1,75 %	335	251	201	167	143	126	112	100	80	67
i = 2,00 %	358	268	215	179	153	134	119	107	86	72
i = 2,50 %	400	300	240	200	171	150	133	120	96	80
i = 3,00 %	438	329	263	219	188	164	146	131	105	88
i = 3,50 %	473	355	284	237	203	178	158	142	114	95
i = 4,00 %	506	380	304	253	217	190	169	152	121	101
i = 4,50 %	537	403	322	268	230	201	179	161	129	107
i = 5,00 %	566	424	339	283	242	212	189	170	136	113
i = 5,50 %	593	445	356	297	254	223	198	178	142	119
i = 6,00 %	620	465	372	310	266	232	207	186	149	124
i = 6,50 %	645	484	387	323	276	242	215	194	155	129
i = 7,00 %	669	502	402	335	287	251	223	201	161	134
i = 7,50 %	693	520	416	346	297	260	231	208	166	139
i = 8,00 %	716	537	429	358	307	268	239	215	172	143
i = 8,50 %	738	553	443	369	316	277	246	221	177	148
i = 9,00 %	759	569	455	380	325	285	253	228	182	152
i = 9,50 %	780	585	468	390	334	292	260	234	187	156
i = 10,0 %	800	600	480	400	343	300	267	240	192	160

FONTE: Convênio COPASA/Universidade de Viçosa

Tabela 7 - Compr. crítico sarjetas de aterro

COMPRIMENTO CRÍTICO DAS SARJETAS													
RAMPA LONGITUDINAL		DR. SCA30/10				DR. SCA30/15				DR. SCA30/20			
		TANGENTE	4,30	TRECHO EM CURVA	9,00	TANGENTE	4,30	TRECHO EM CURVA	9,00	TANGENTE	4,30	TRECHO EM CURVA	9,00
i = 0,50 %	0,0050	36		17		65		31		79		46	
i = 0,75 %	0,0075	44		21		79		38		80		56	
i = 1,00 %	0,0100	51		25		92		44		81		64	
i = 1,25 %	0,0125	57		27		103		49		82		72	
i = 1,50 %	0,0150	63		30		112		54		83		79	
i = 1,75 %	0,0175	68		32		121		58		84		85	
i = 2,00 %	0,0200	73		35		130		62		85		91	
i = 2,50 %	0,0250	81		39		145		69		86		102	
i = 3,00 %	0,0300	89		42		159		76		87		112	
i = 3,50 %	0,0350	96		46		172		82		88		121	
i = 4,00 %	0,0400	103		49		184		88		89		129	
i = 4,50 %	0,0450	109		52		195		93		90		137	
i = 5,00 %	0,0500	115		55		205		98		91		144	
i = 5,50 %	0,0550	120		58		215		103		92		151	
i = 6,00 %	0,0600	126		60		225		107		93		158	
i = 6,50 %	0,0650	131		63		234		112		94		164	
i = 7,00 %	0,0700	136		65		243		116		95		171	
i = 7,50 %	0,0750	141		67		251		120		96		176	
i = 8,00 %	0,0800	145		69		260		124		97		182	
i = 8,50 %	0,0850	150		72		268		128		98		188	
i = 9,00 %	0,0900	154		74		275		132		99		193	
i = 9,50 %	0,0950	158		76		283		135		100		199	
i = 10,0 %	0,1000	162		78		290		139		101		204	

FONTE: Convenio COPASA/Universidade de Viçosa