

Teoria 4 – Escoamento Superficial e Leiaute de drenos no campo

1. Isoípsas e linhas de fluxos

Para dimensionar um sistema de drenagem, é preciso levantar as cotas do terreno em muitos pontos, preferencialmente numa malha regular. Nesses pontos é preciso furar um buraco com trado para identificar o nível da água 24 horas depois. A profundidade da água em cada furo deverá ser descontada da cota do terreno para descobrir a cota do lençol freático naquela data. As cotas do lençol freático serão usadas para desenhar um mapa com curvas de nível que passa por pontos onde o lençol freático tem a mesma cota. Essas curvas são designadas como isoípsas.

Uma vez desenhadas as isoípsas, linhas que cortam perpendicularmente as isoípsas deverão ser desenhadas para identificar o caminho naturalmente percorrido pelo movimento subterrâneo da água. Essas linhas são conhecidas como linhas de fluxo.

O mapa abaixo ilustra as isoípsas e linhas de fluxo. As linhas de fluxo são representadas pelas linhas de maior espessura. Os números identificam a cota (metros) de cada curva do lençol freático (isoípsas). O conhecimento do mapa de linhas de fluxo é de grande importância pois determina a direção em que deverão ser instalados os drenos. Neste caso, para o mapa a seguir, os drenos deverão ser instalados na direção horizontal pois assim cortarão as linhas de fluxo. O motivo para tal é que uma vez instalados os drenos, o movimento subterrâneo da água será numa direção similar a que já estava ocorrendo antes da instalação dos drenos..



2. Drenagem de escoamento superficial

Define-se escoamento superficial a parte da precipitação total, em uma área, que escoar sobre a superfície do terreno.

Para dimensionar um dreno coletor de escoamento superficial precisa-se estimar a vazão deste escoamento. É necessário também considerar a intensidade da chuva, em mm.h^{-1} , denominada chuva de projeto.

Os métodos geralmente empregados para estimar o escoamento superficial são:

1. Método Racional
2. Método de McMath

Para a chuva de projeto, deve-se considerar dois fatores:

1. Recorrência da chuva, ou tempo de retorno - TR. Define o prazo em anos necessário para que ocorra uma chuva tão intensa utilizada para dimensionar o projeto (chuvas muito intensas não ocorrem facilmente). Para projetos de drenagem urbana considera-se um tempo de retorno – TR, de 30 a 50 anos e para projetos de drenagem agrícola considera-se TR igual a 5 anos.

2. Duração da chuva, ou tempo de concentração – TC. Geralmente, quanto maior a duração da chuva, menor sua intensidade. Para projetos de drenagem, a duração da chuva será a menor possível porém com duração suficiente para chover enquanto a enxurrada percorre toda a encosta ou bacia (essa será a pior situação em termos de vazão de enxurrada). Assim, a duração é equivalente ao tempo de concentração que pode ser calculado pela equação de Kirpich (1962):

$$TC = \frac{L^{1.15}}{3080.H^{0.38}}$$

em que:

TC = tempo de concentração, hs;

H = diferença de altura entre o ponto mais distante e o ponto de saída da bacia (desnível), m;

L = comprimento do desnível, m.

Para quantificar estas duas dimensões (TR e duração) deve-se considerar os limites da bacia, ou seja, deve-se considerar os cursos que contribuem para o curso principal.

O tempo de concentração é o tempo de deslocamento de uma partícula de água do ponto mais distante de uma bacia até o ponto de saída desta. Neste momento, toda bacia estará contribuindo simultaneamente na formação da descarga máxima de escoamento.

Em Minas Gerais, a Copasa desenvolveu equações para descrever a intensidade da chuva de muitos municípios. Para Lavras, a equação publicada pela Copasa é:

$$I(mm.h^{-1}) = \frac{10225.TR^{0.187}}{(Tc + 56.3)^{1.149}}$$

em que,

TR = tempo de retorno (recorrência), anos;

TC = tempo de concentração (duração), min;

Método Racional

Este método é de uso simples e prático, porém fornece resultados altos para bacias maiores que 50 ha. Isso se deve ao fato de que a fórmula admite em seus princípios que a chuva é uniformemente em toda a área da bacia, o que geralmente só acontece quando a chuva é do tipo convectiva, isto é, bastante localizada, de alta intensidade e baixa duração.

Após determinação da intensidade da chuva pode-se calcular a vazão pela equação:

$$Q(m^3.s^{-1}) = \frac{CIA}{360}$$

Em que,

C = coeficiente de escoamento superficial, isto é, proporção da chuva que se transforma em escoamento superficial. Varia de 0 a 1 e é adimensional;

I = intensidade da chuva, mm.h⁻¹;

A = área da bacia, ha

O coeficiente de escoamento depende de vários fatores como solo, cobertura vegetal, grau de saturação do solo e declividade geral da bacia. É comumente obtido em função de fatores como textura predominante da área, declividade geral da bacia e tipo de cobertura vegetal, utilizando-se tabelas existentes como a tabela abaixo.

Valores do coeficiente de escoamento superficial (c).

Cobertura vegetal	Declividade (%)	Permeabilidade		
		Alta*	Média**	Baixa***
Terras cultivadas	0 -5	0,30	0,50	0,60
	5 -10	0,40	0,60	0,70
	10 - 30	0,50	0,70	0,80
Pastagem	0 -5	0,10	0,30	0,40
	5 -10	0,15	0,35	0,55
	10 -30	0,20	0,40	0,60
Floresta	0 -5	0,10	0,30	0,40
	5 -10	0,25	0,35	0,50
	10 - 30	0,30	0,50	0,60

* solos arenosos; ** solos francos; *** solos argilosos

Exemplo 1

Calcular a vazão do escoamento superficial para a bacia com área de 4.000 ha com talvegue de 3000m, desnível de 50m, com coeficiente de escoamento superficial igual a 0,30. Considerar recorrência de 30 anos.

Resolução:

1. Calcular o tempo de concentração:

$$TC = \frac{L^{1.15}}{3080.H^{0.38}} = \frac{3000^{1.15}}{3080.(50)^{0.38}} = 0,73 h \text{ ou } 44 \text{ min}$$

2. Calcular a intensidade de chuva (usar equação da Copasa para a cidade de Lavras)

$$I(mm.h^{-1}) = \frac{10225.TR^{0.187}}{(Tc + 56.3)^{1.149}} = \frac{10225.(30)^{0.187}}{(44 + 56.3)^{1.149}} = 96,9 mm.h^{-1}$$

3. Calcular o escoamento superficial.

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0,30 \times 96,9 \times 4000}{360} = 323 m^3.s^{-1} \quad (\text{superstima a vazão do escoamento superficial})$$

Método de McMath

Este método é válido para bacias maiores que 200 ha. A fórmula foi obtida em função da fórmula racional, possui um fator de redução de área que evita um aumento linear e irreal das vazões em função das áreas de contribuição. É o método comumente usado pela Codevasf, Ruralminas e outros órgãos que trabalham com recursos hídricos, para dimensionamento do escoamento superficial. É representado pela equação:

$$Q = 0,0091.C_{mm}.I.A^{4/5}.S^{1/5}$$

Em que,

C_{mm} = coeficiente de McMath

I = intensidade da chuva de projeto, mm.h⁻¹;

A = área da bacia, ha;

S = declividade da bacia, m.m⁻¹

O coeficiente de McMath é obtido pela soma dos três coeficientes selecionados para caracterizar a bacia

Valores do coeficiente de McMath (C_{mm}).

Cobertura vegetal	Tipo de solo	Tipo de relevo
Gramíneas	Arenoso	Plano
0,08	0,12	0,04
Razoável	Médio	Ondulado
0,16	0,16	0,08
Esparsa	Pesado	Escarpado
0,30	0,30	0,15

C_{mm} = soma dos valores das 3 colunas

Exemplo 2

Recalcular o escoamento superficial do exemplo anterior, considerando o valor do C_{mm} de 0,30.

Resolução:

Sendo:

A = 4.000 ha

L = 3.000m

H = 50m

C_{mm} = 0,30

I = 96,6 mm.h⁻¹

S = declividade = (50m/3000m) = 0,016m.m⁻¹ = 16m.km⁻¹

$$Q = 0,0091.C_{mm}.I.A^{4/5}.S^{1/5}$$

$$Q = 0,0091 \times 0,30 \times 96,9 \times 4000^{0,8} \times 0,016^{0,2}$$

$$Q = 88m^3.s^{-1}$$