

**Universidade Regional do Cariri – URCA**

---

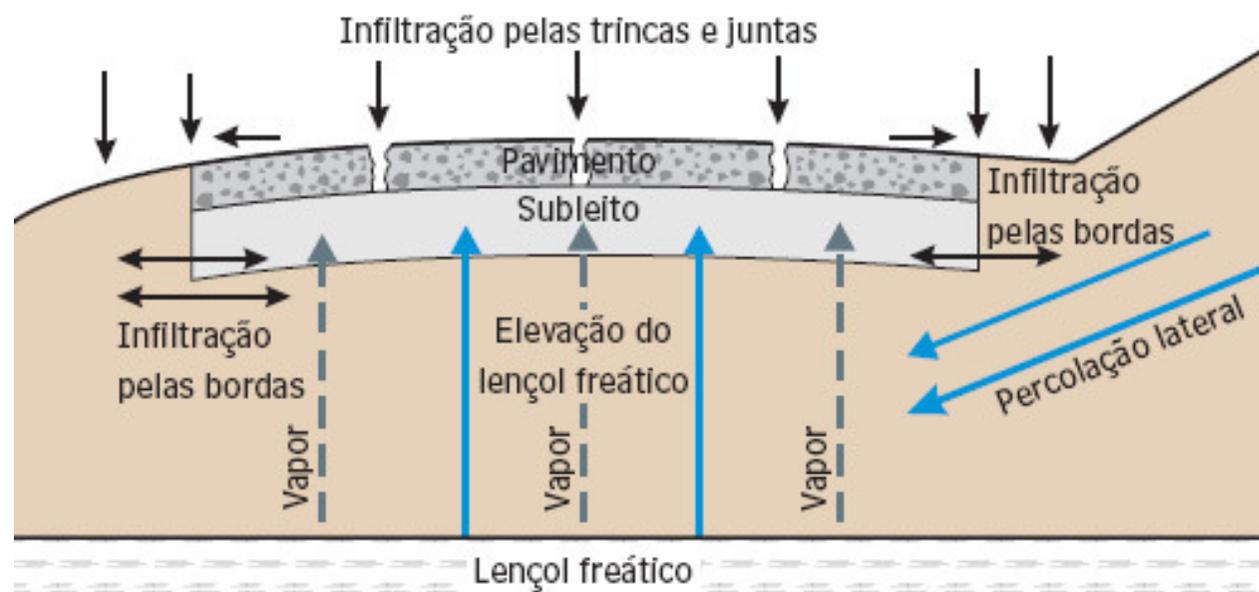
Pró – Reitoria de Ensino de Graduação  
Coordenação da Construção Civil  
Disciplina: Estradas II



# **Drenagem Subterrânea e Subsuperficial de Rodovias**

**Renato de Oliveira Fernandes**  
*Professor Assistente*  
*Dep. de Construção Civil/URCA*  
*renatodeof@gmail.com*

### Fontes de água na estrutura do pavimento

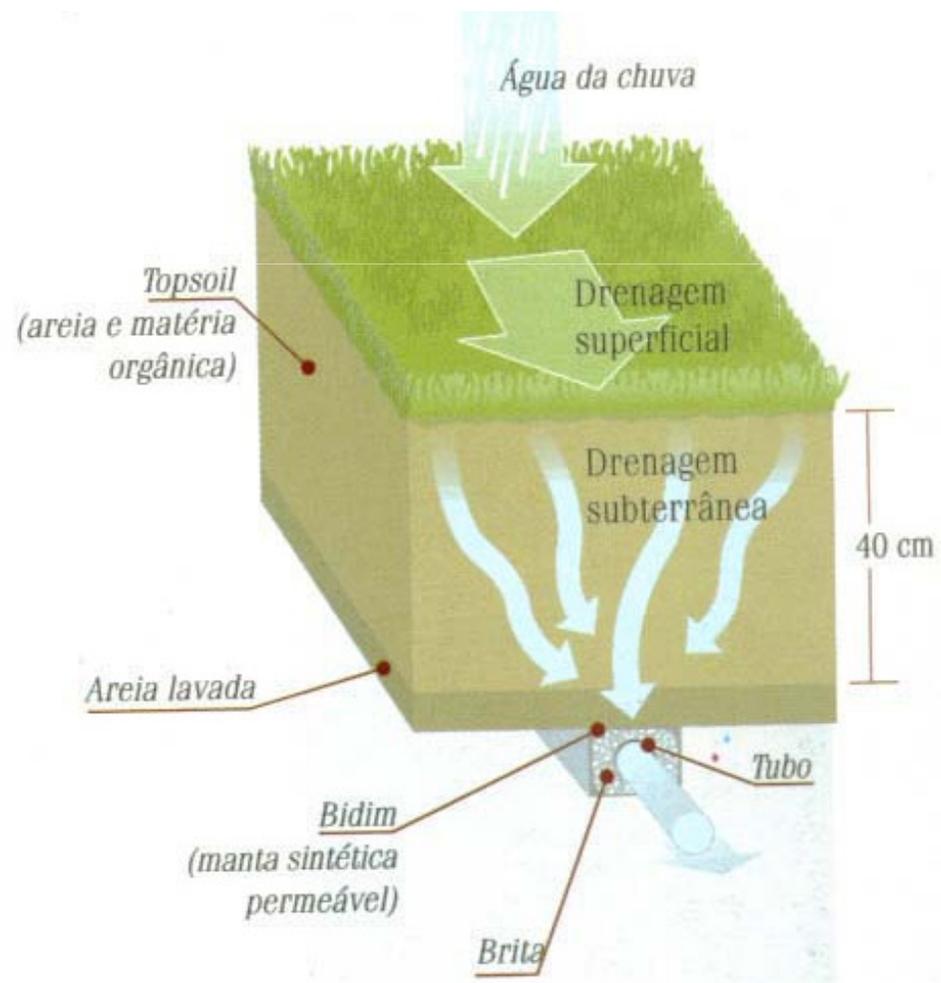
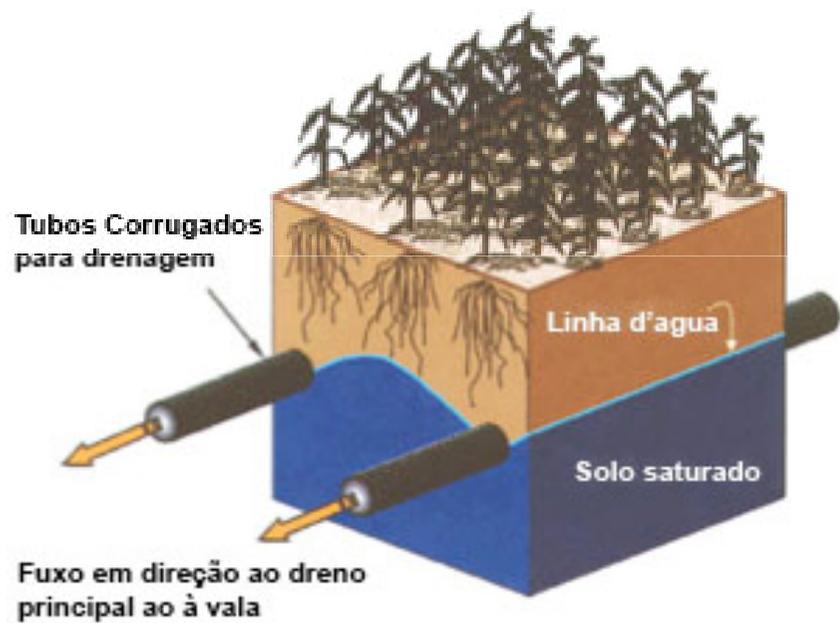


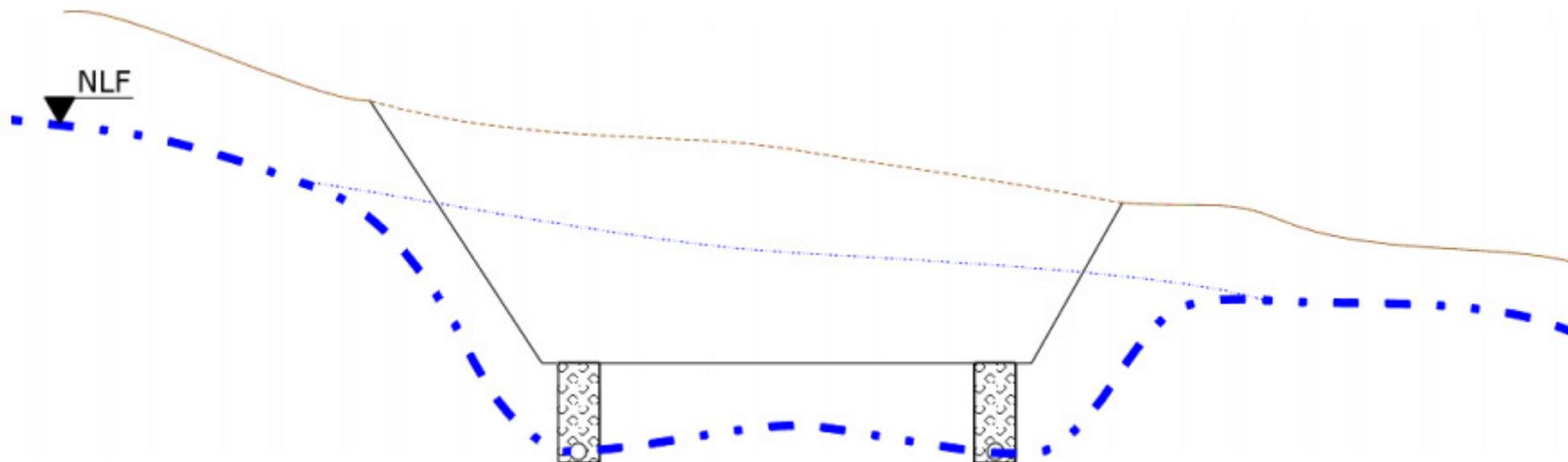
# Objetivo

- Manter a água subsuperficial e subterrânea distante do subleito da rodovia.
- Dispositivos usados:
  - Drenos profundos;
  - Drenos espinha de peixe;
  - Camada drenante;
  - Drenos longitudinais;
  - Valetões laterais;
  - Drenos verticais de areia.

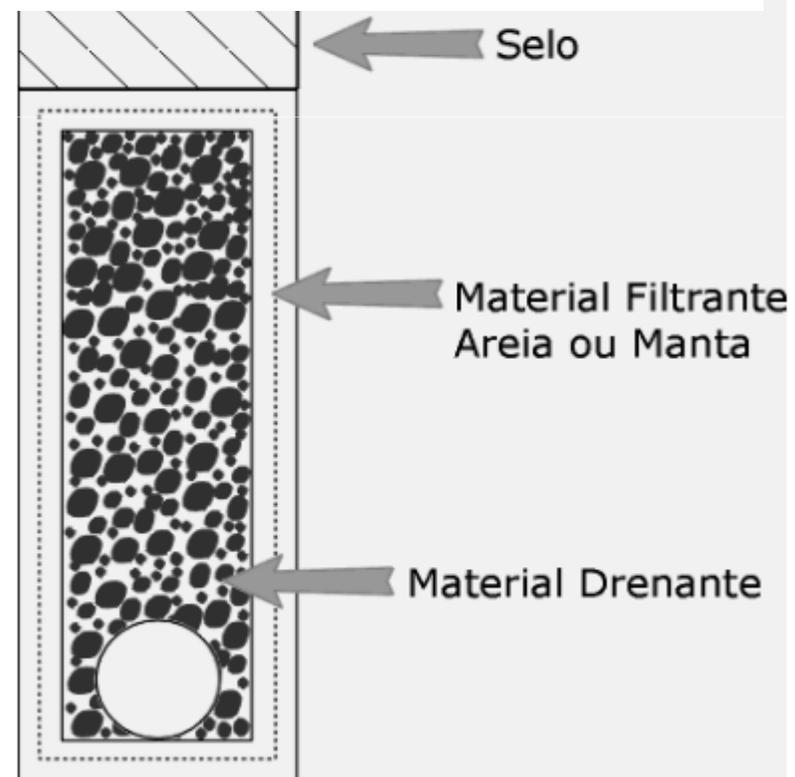
# Elementos de um dreno

- **Vala**
- **Tubos:** concreto simples perfurado, concreto poroso, cerâmico ou PVC perfurado
- **Material filtrante:** permite o escoamento da água sem carrear finos e conseqüentemente evitar a colmatação do dreno.
- **Material drenante:** capta e ao mesmo tempo conduz as águas a serem drenadas, devendo apresentar uma granulometria adequada à vazão escoada





- Função de rebaixar o nível do lençol freático principalmente em seções de cortes ou misto.

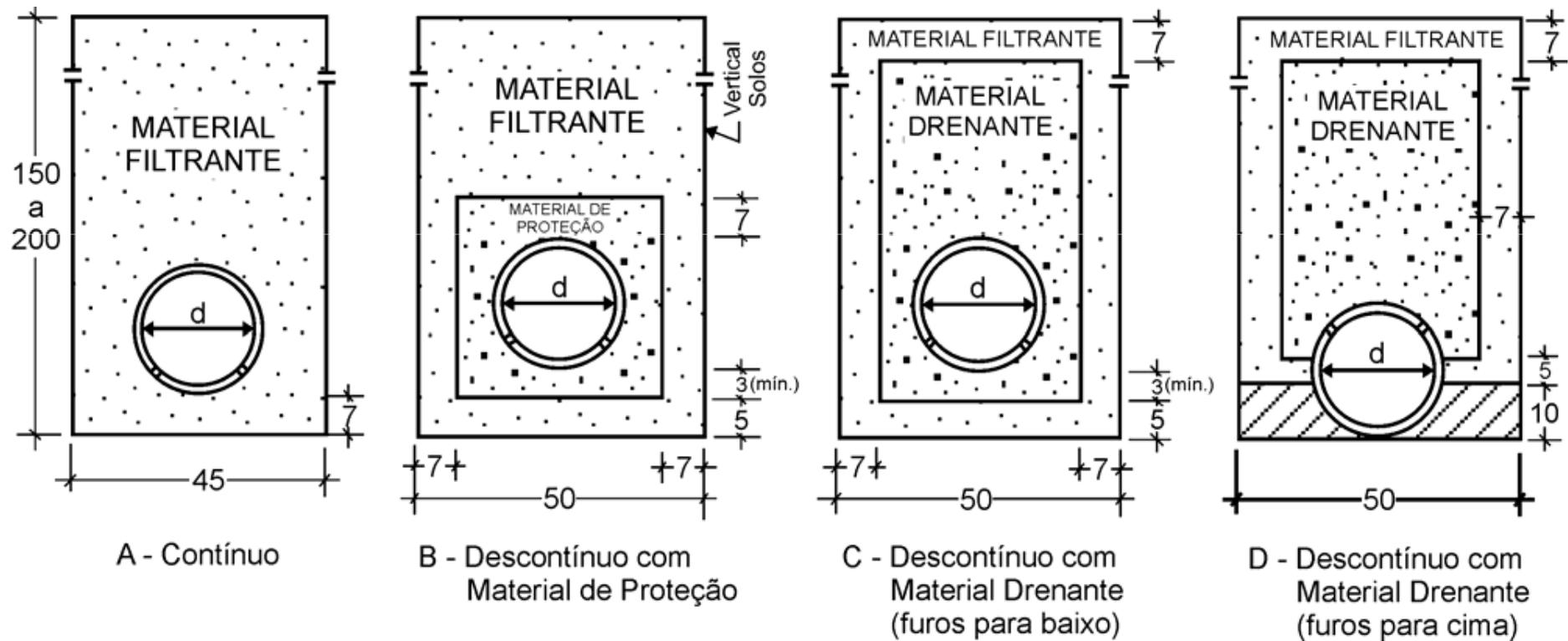




# Classificação dos drenos

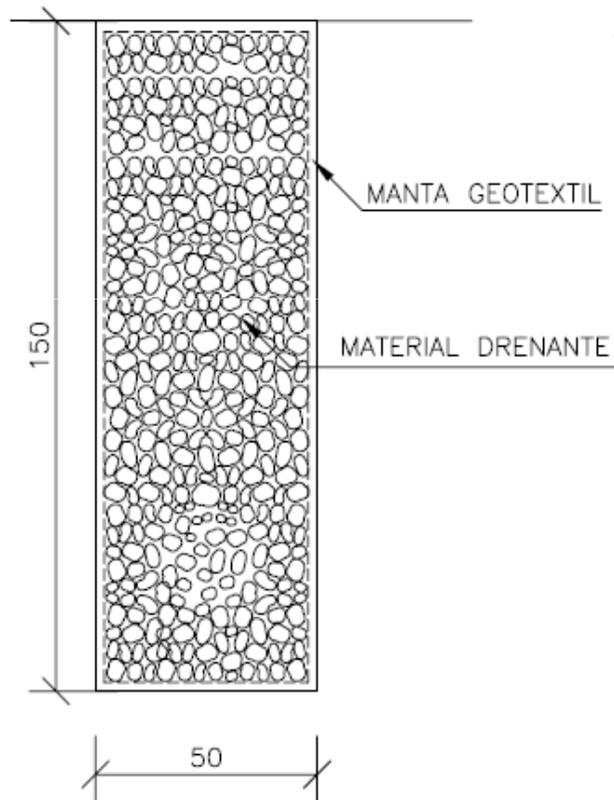
- **Quanto ao local:** corte em solo ou rocha
- **Preenchimento da cava:** sem tubo (cego) e com tubo
- **Permeabilidade da camada superior:** selado ou abertos
- **Granulometria:** contínuo (somente um material de enchimento) descontínuo (material drenante e filtrante)

# Tipos de dreno profundo

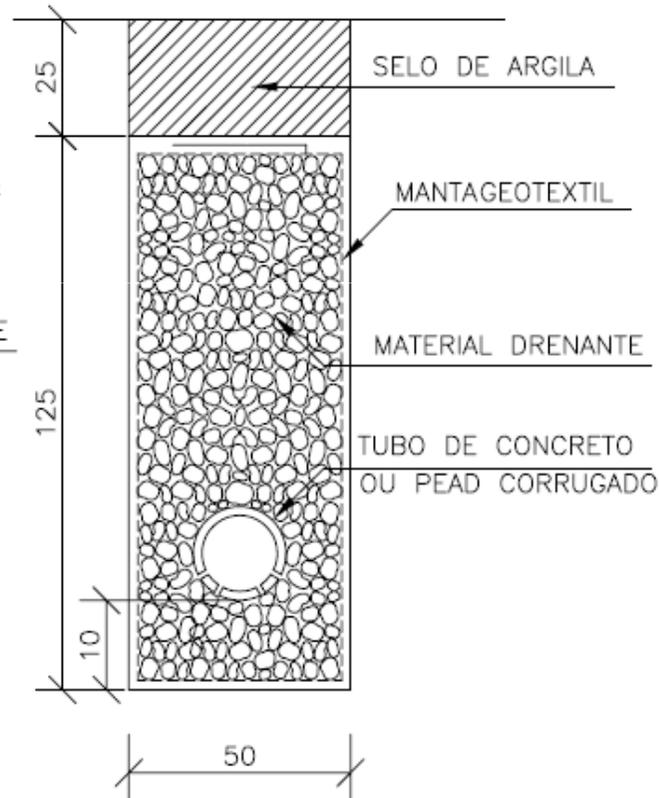


# Tipos de dreno profundo

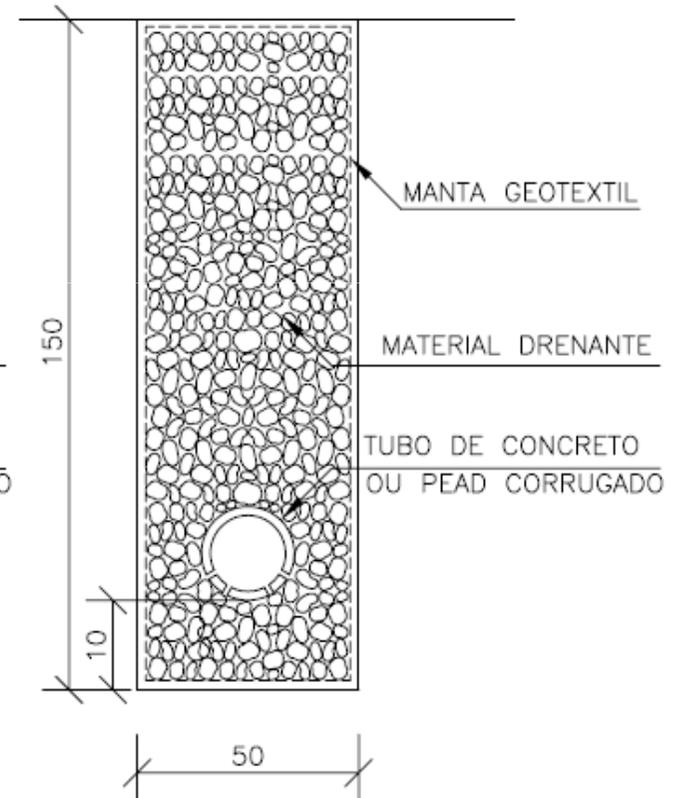
DPS 06  
(DRENO CEGO)



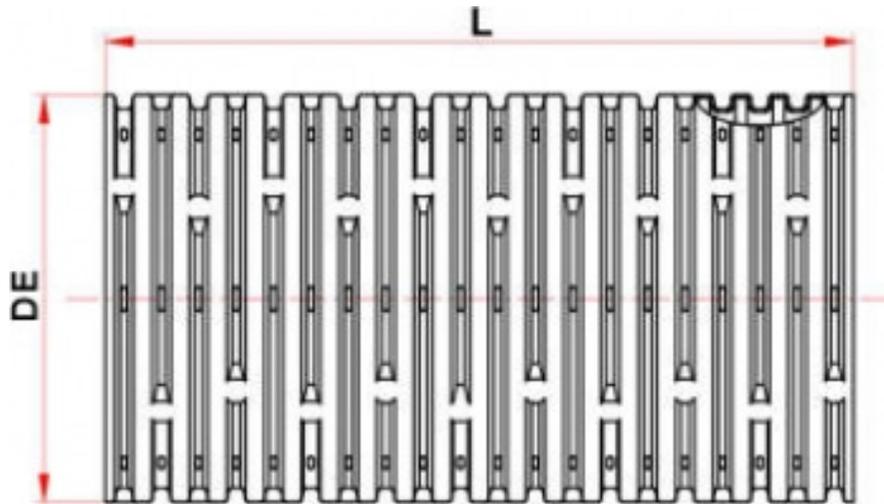
DPS 07



DPS 08



# Tubos perfurados



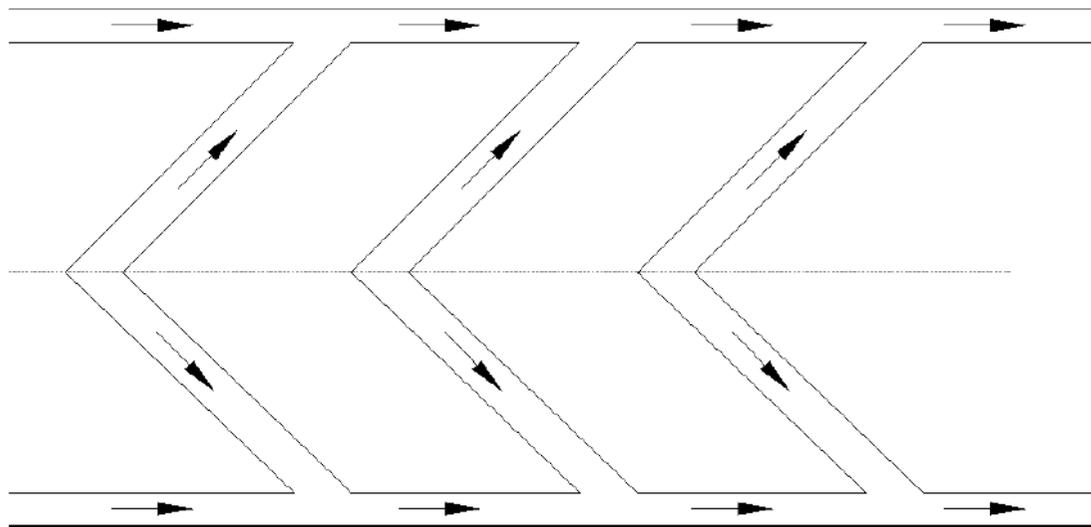
**Tubo Corrugado Rígido para Drenagem**

NBR 15073 - Tubos Corrugados de PVC e de Polietileno para Drenagem Subterrânea Agrícola.

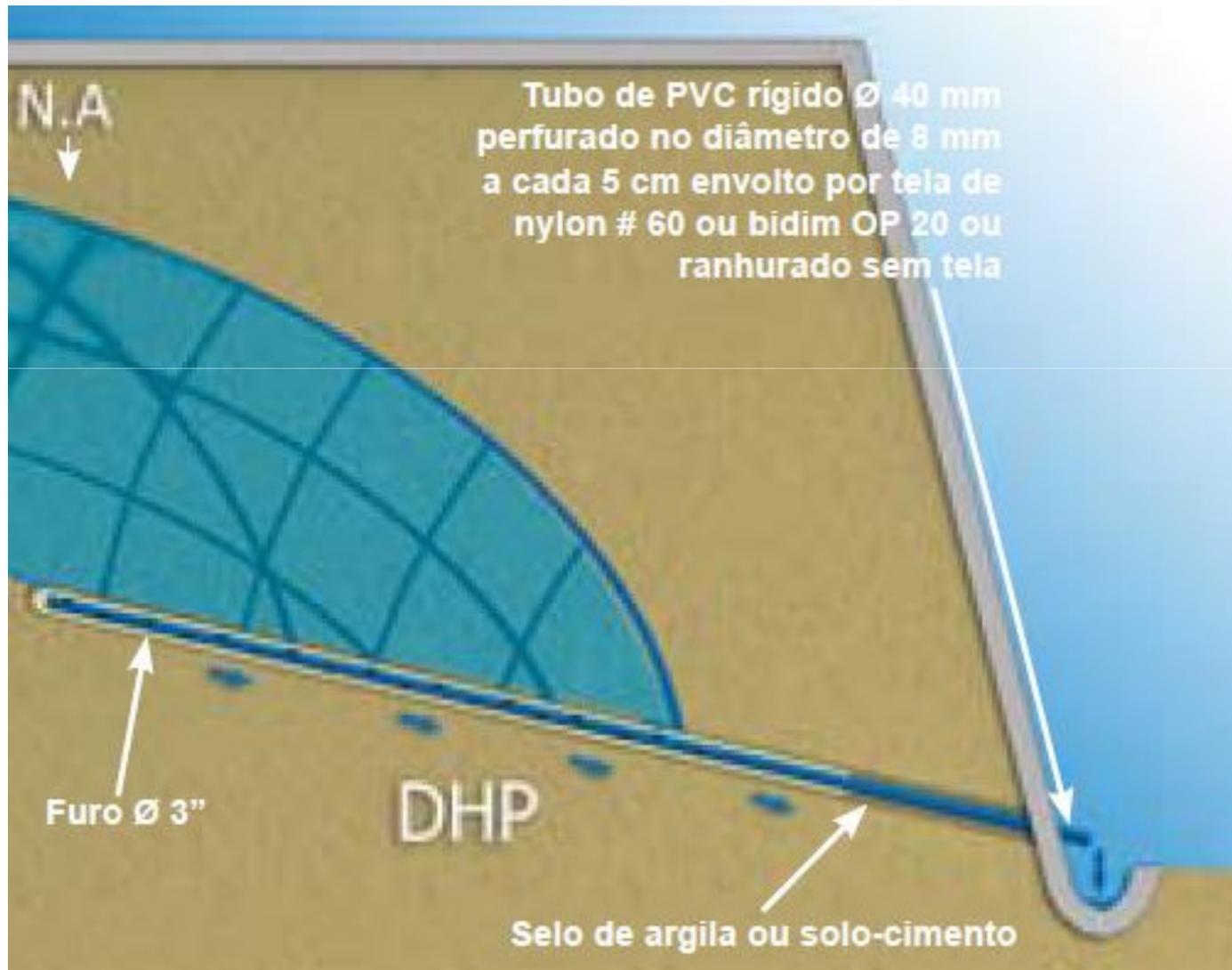


# Drenos em espinha de peixe

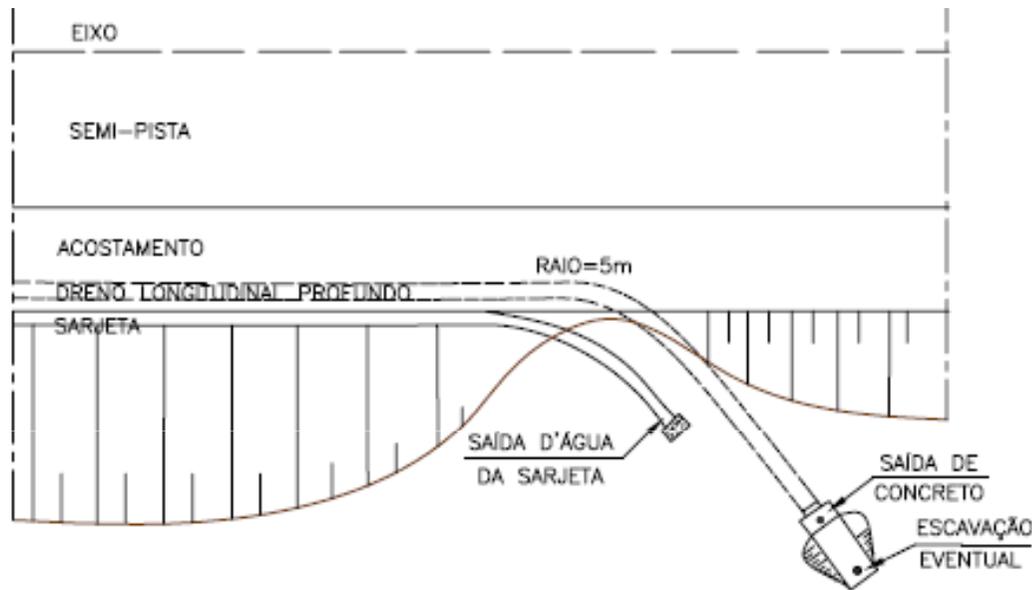
- Destinados à drenagem de grandes áreas, pavimentadas ou não.
- Geralmente são de pequena profundidade e, por este motivo, sem tubos, embora possam eventualmente ser usados com tubos.



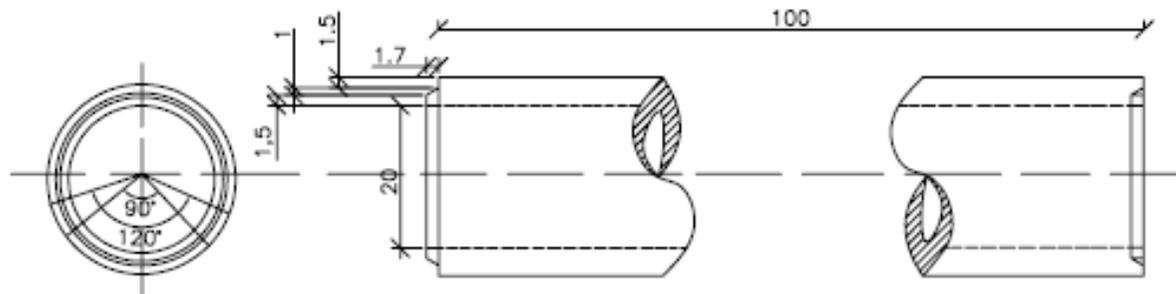
# Dreno horizontal



# Dreno horizontal

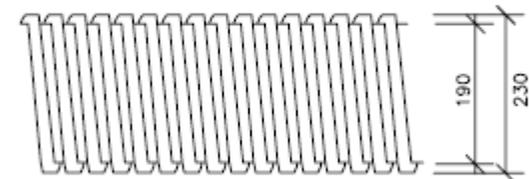


DETALHES DOS TUBOS DE CONCRETO PERFURADOS



Nº DE LINHAS DE FUROS: 4  
 Nº DE FUROS POR LINHA: 12  
 DIÂMETRO DO FURO: 3/8"

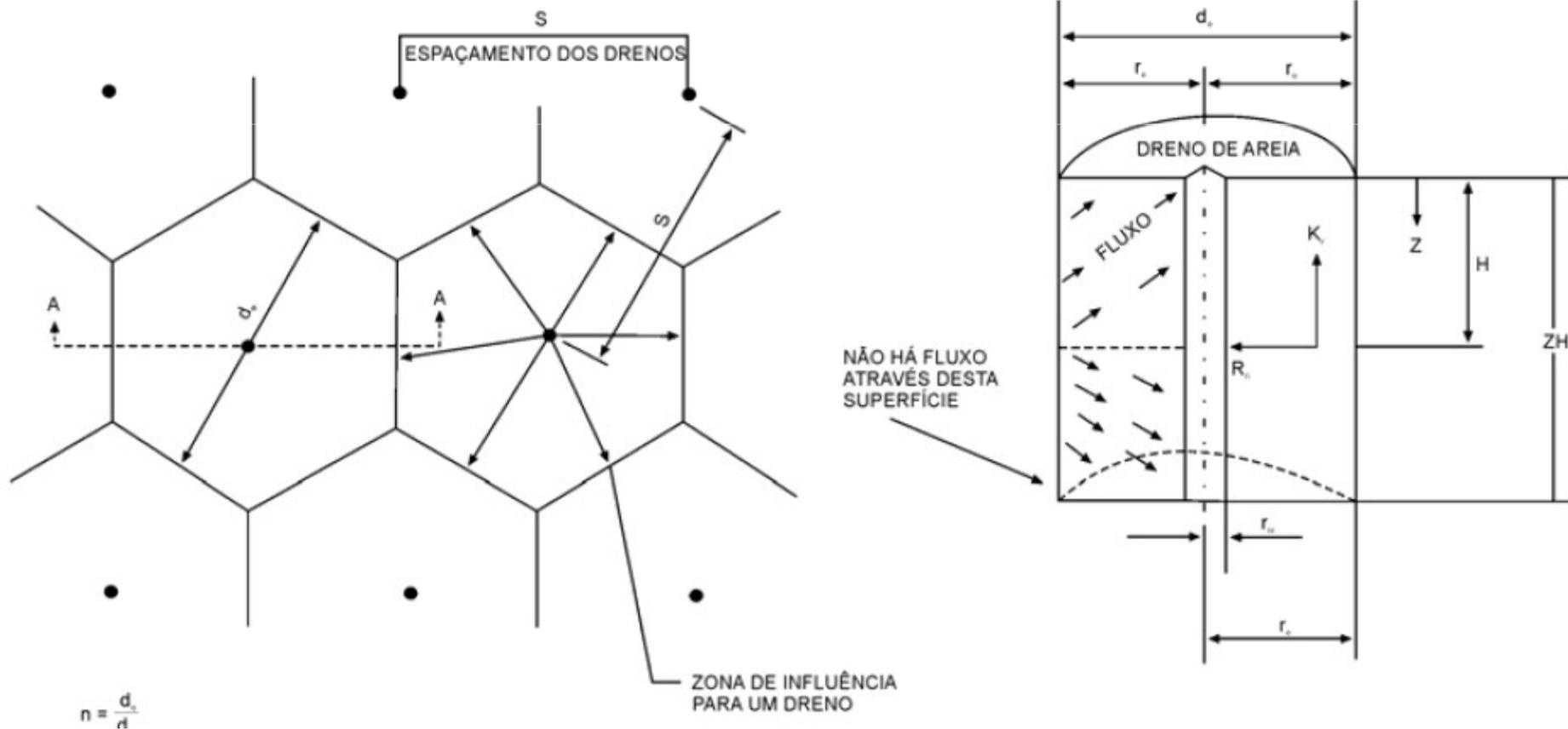
DETALHES DE TUBO DRENO CORRUGADO PEAD



DIÂMETRO DO FURO (min) : 0,9 mm  
 NÚMERO DE FUROS POR M/LINEAR (mm) : 8000

# Drenos verticais

- Acelera o processo de adensamento

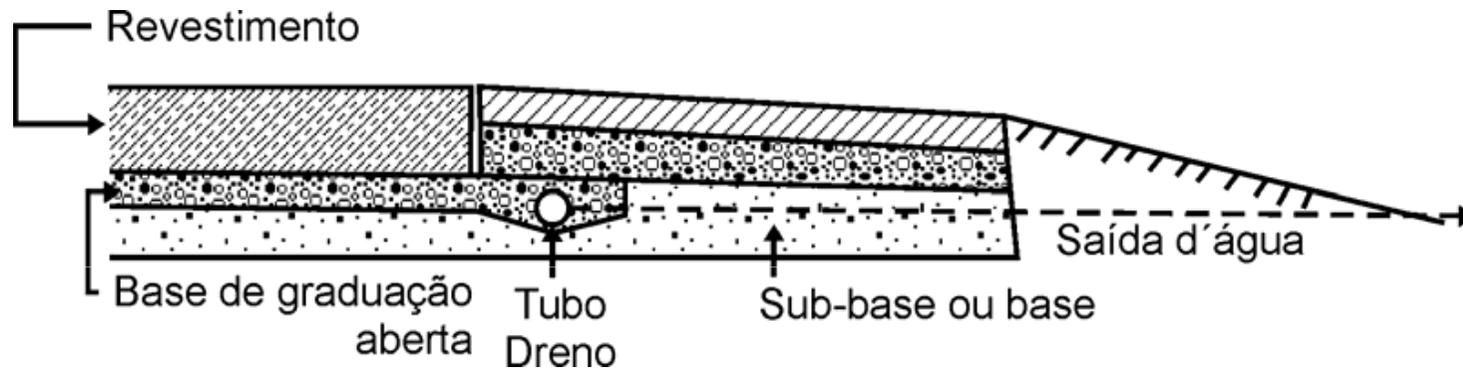


# Drenagem do pavimento

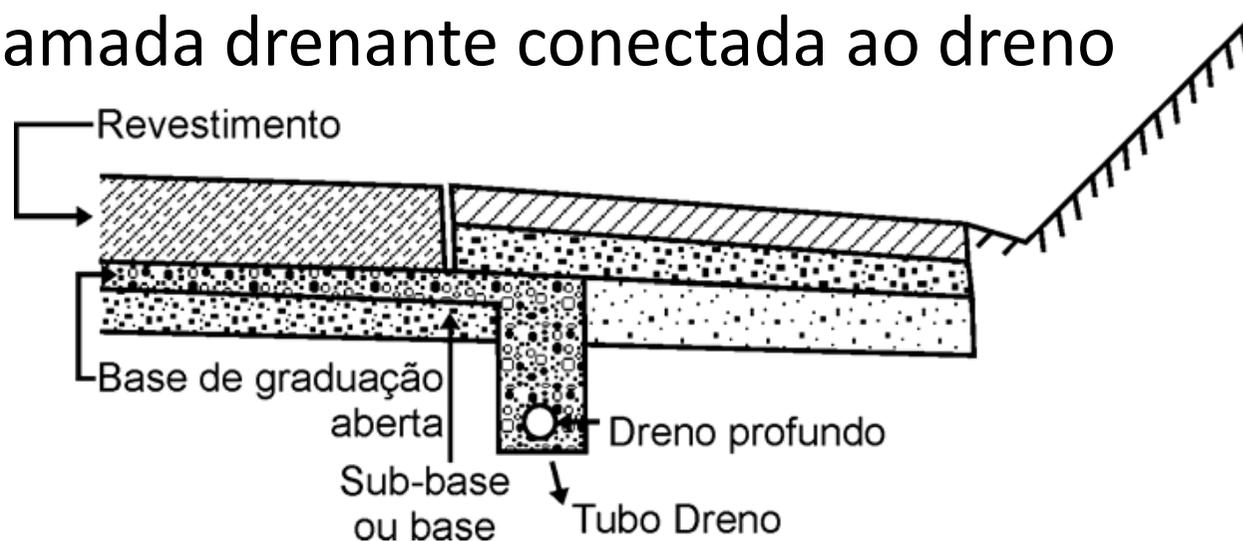
- Camada drenante

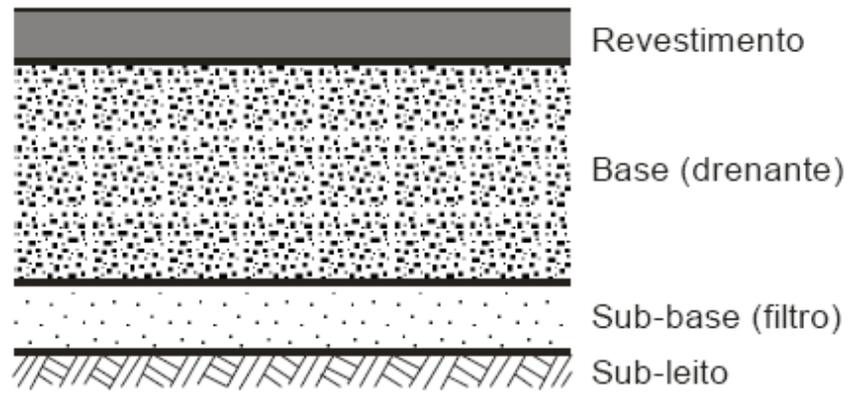
$P > 1500$  mm/ano

TMD > 500 veículos comerciais

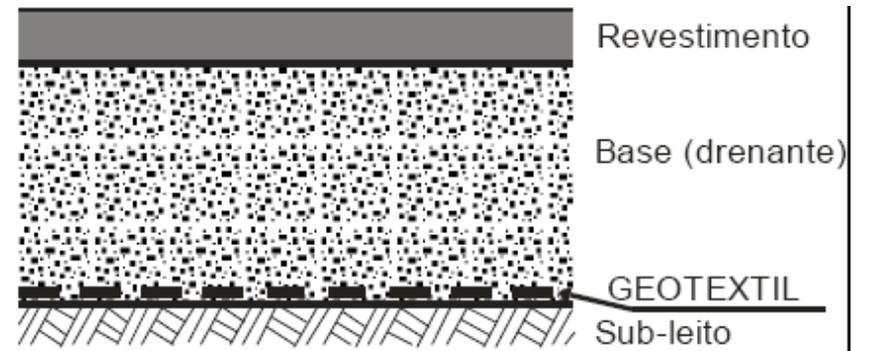


- Camada drenante conectada ao dreno

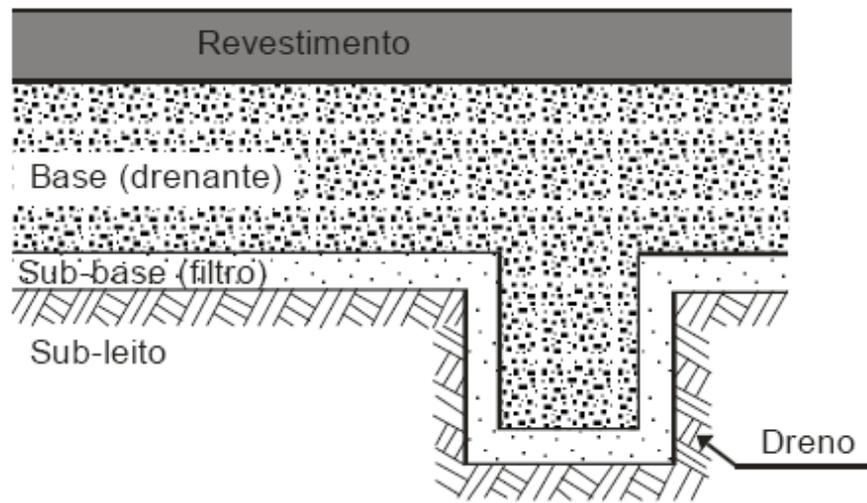




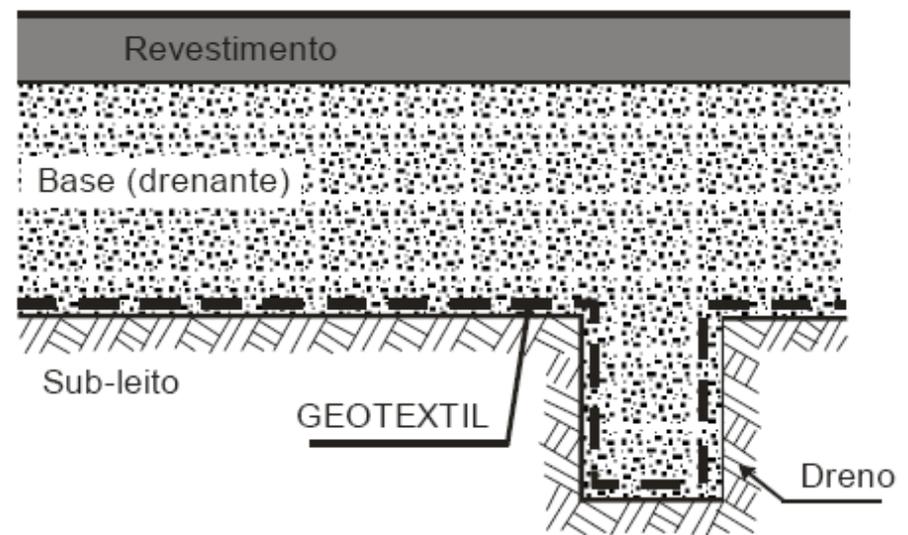
(a)



(b)



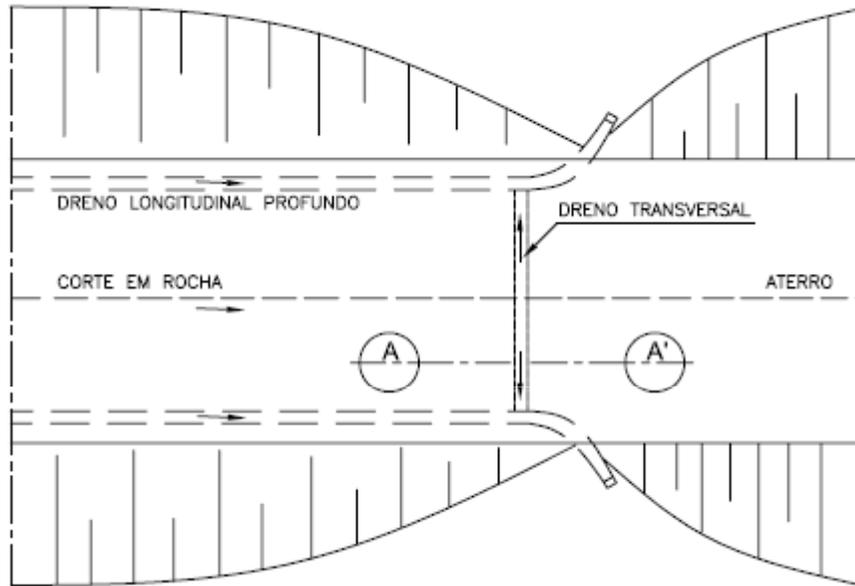
(c)



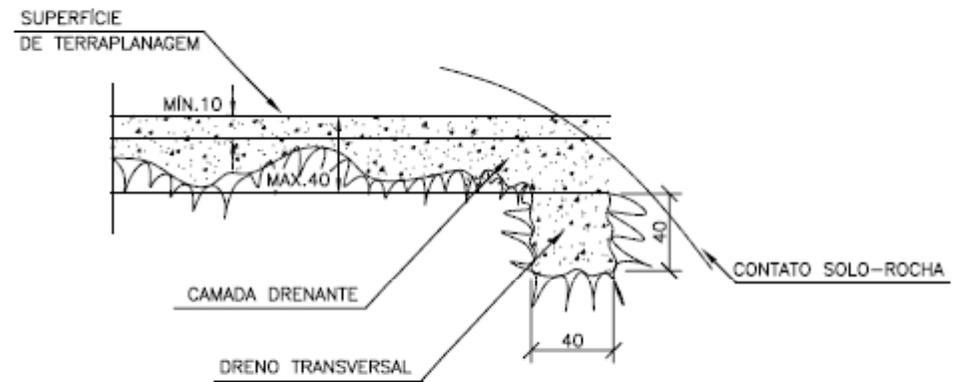
(d)

# Camada drenante para corte em rocha

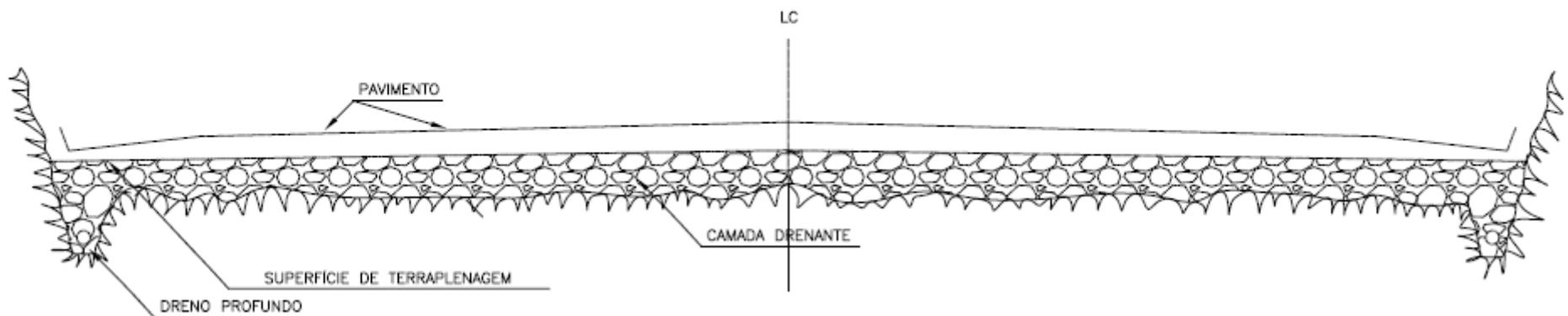
PLANTA



DETALHE DO DRENO TRANSVERSAL (CORTE AA')



SEÇÃO TRANSVERSAL



# Fluxo subterrâneo e a Lei de Darcy

A determinação das dimensões do dreno depende da vazão subterrânea que poderá ser determinada pela equação de Darcy.

$$Q = K.A.I$$

K - coeficiente de permeabilidade (m/s);

A - área da seção normal à direção do fluxo (m<sup>2</sup>);

I - gradiente hidráulico (m/m)

Q- vazão por metro linear (m<sup>3</sup>/s/m)

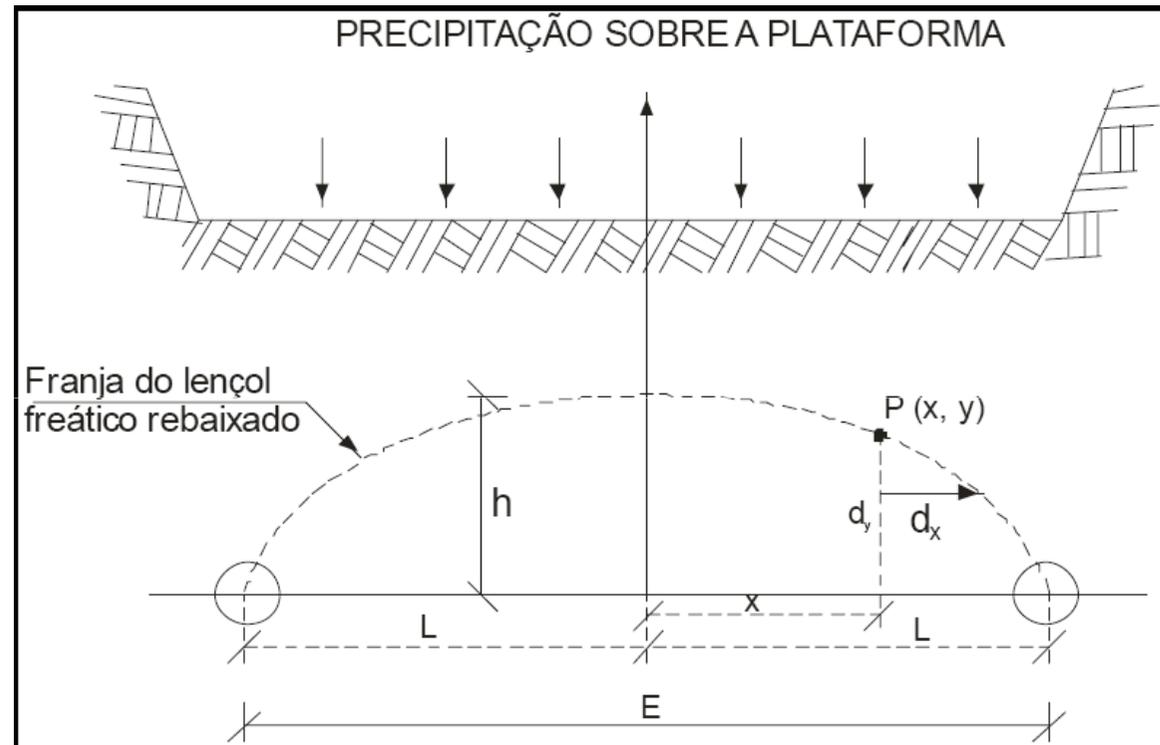
# Coeficientes de condutividade hidráulica (k)

Tipo de material	granulometria (cm)	K (cm/s)
Brita 5	7,5 a 10,0	100
Brita 4	5,0 a 7,5	80
Brita 3	2,5 a 5,0	45
Brita 2	2,0 a 2,5	25
Brita 1	1,0 a 2,0	15
Brita 0	0,5 a 1,0	5
Areia Grossa	0,2 a 0,5	$1 \times 10^{-1}$
Areia Fina	0,005 a 0,04	$1 \times 10^{-3}$
Silte	0,0005 a 0,005	$1 \times 10^{-5}$
Argila	menor que 0,0005	$1 \times 10^{-8}$



# Espaçamento (E) entre drenos longitudinais

$$E = 2h \sqrt{\frac{K}{q}}$$

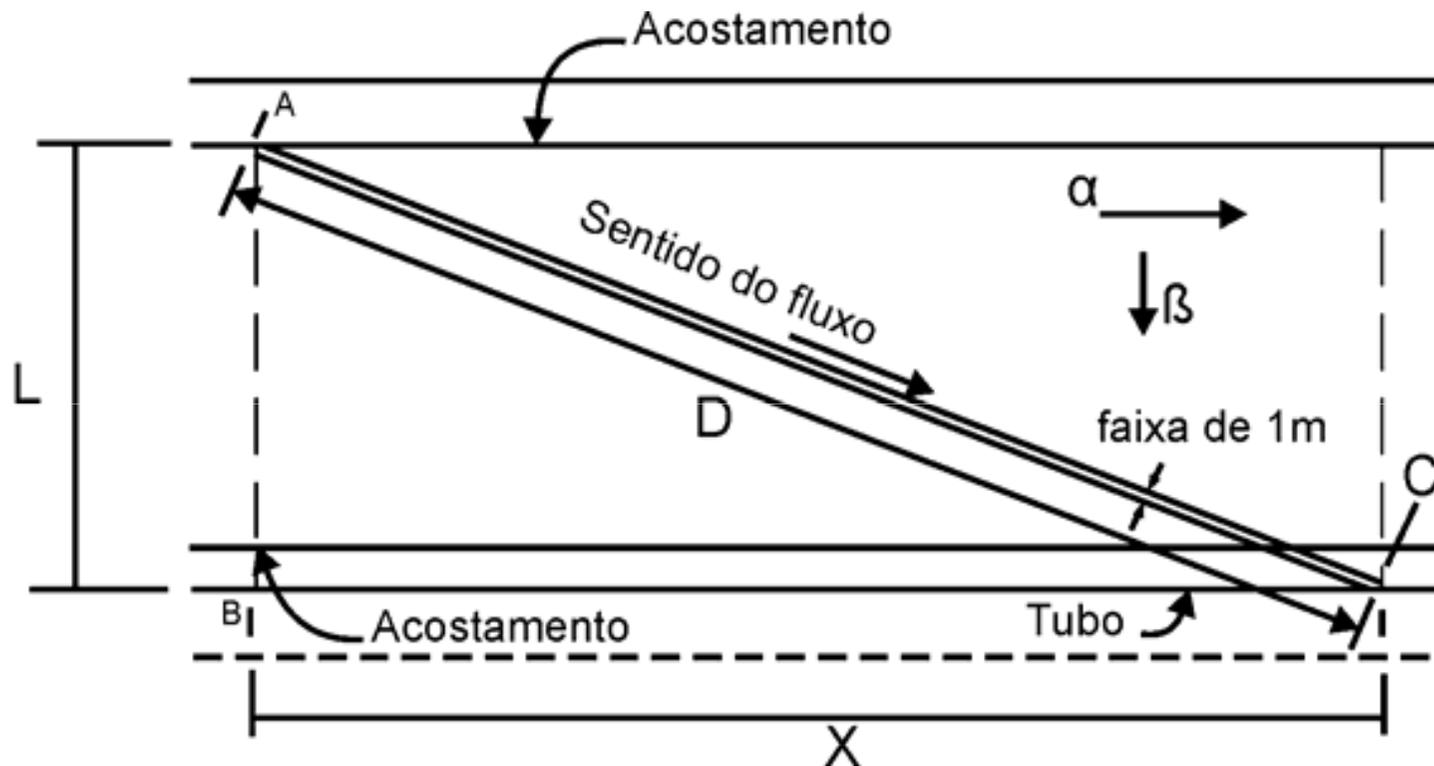


- h= altura do lençol freático acima da linha dos drenos (m)
- K= condutividade hidráulica do solo (m/s)
- q= contribuição da infiltração em 1 m<sup>2</sup> de área sujeita à precipitação por metro linear de dreno (m<sup>3</sup>/s/m) (q=C.i.A/1 m)

# Dimensionamento hidráulico da camada drenante

- Considerar:
  - O volume d'água que se infiltra no revestimento do pavimento (porcentagem - C );
    - revestimento de concreto betuminoso: 0,33 a 0,50
    - revestimento de concreto de cimento: 0,50 a 0,67
  - O tempo máximo que as águas infiltradas podem permanecer nas camadas do pavimento e suas interfaces sem danificar sua estrutura.
    - tempo máximo de permanência das águas nas camadas do pavimento - 1 hora

# Vazão por metro linear da camada drenante



$$Q = \frac{C \times i \times D \times 24}{1000} \left( \text{m}^3/\text{dia} \right)$$

$i$  - chuva (mm/h)  
 $D$  - distância (m)

# Espessura da camada drenante 'e'

$$e = \frac{Q}{KI}$$

$$Q = \frac{C \times i \times D \times 24}{1000} \text{ (m}^3\text{/dia)}$$

$$e = \frac{24C \times i \times D}{1000 KI}$$

i - chuva (mm/h)

D – distância (m)

I – inclinação (m/m)

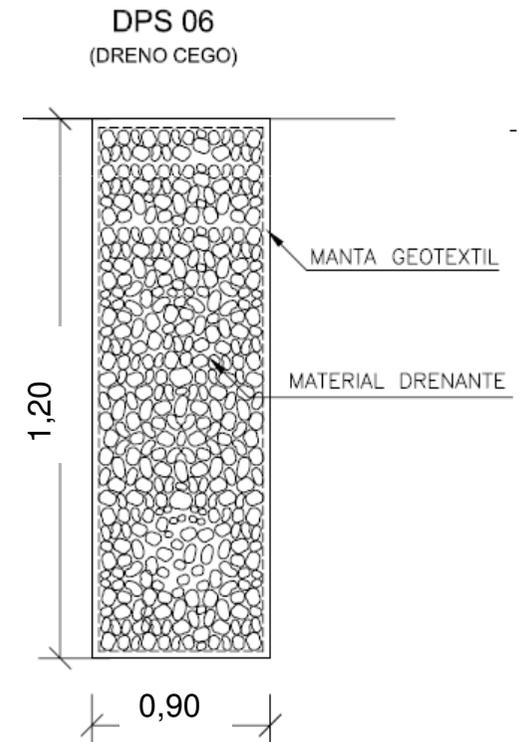
K – condutividade (mm/h)

C - adimensional

- A este valor teórico de "e" deve-se acrescentar 2,0cm, para compensar deficiência das hipóteses feitas.

# Exemplo 1

- Calcular um dreno cego com 1,20m de largura por 0,90 m de altura da seção transversal, sendo a descarga necessária de 600m<sup>3</sup>/dia de 30m de dreno. A declividade  $I = 0,01\text{m/m}$ . Qual deve ser o material drenante para uma drenagem apropriada?
  - $Q = 600/30 = 20 \text{ m}^3/\text{dia}/\text{m}$
  - $20 \text{ m}^3/\text{dia}/\text{m} = K \cdot (1,2 \times 0,90) \cdot 0,01$
  - $K = 1851,85 \text{ m}/\text{dia} = 2,14 \text{ cm}/\text{s}$ 
    - (brita 0,  $K=5 \text{ cm}/\text{s}$ )



## Exemplo 2

- Calcular a espessura da camada drenante de um dreno cego de um pavimento com taxa de infiltração  $C=0,33$ , comprimento  $D=10\text{m}$ , declividade  $S=0,01\text{m/m}$ ,  $K= 2500\text{mm/h}$  e  $I=39,3\text{mm/h}$ .

$$e = \frac{24C \times i \times D}{1000 KI}$$

- $e = (24 \times 0,33 \times 39,3 \times 10) / (1000 \times 2500 \times 0,01) = 0,12\text{m}$
- $e = 0,12 + 0,02 = 0,14 \text{ m} = 14 \text{ cm}$

## Exemplo 3

- Calcular o espaçamento entre as tubulações de linha de dreno para rebaixar um lençol freático com altura  $h=2,00\text{m}$ , condutividade hidráulica do solo  $K= 50\text{mm/h}=0,0000139\text{m/s}$ ,  $C=0,50$  e  $l=39,3\text{mm/h}=0,0000109 \text{ m/s}$ .
- $q= (C \times l \times A)/ 1 \text{ m} = 0,50 \times 0,0000109 \times 1\text{m}^2$
- $q= 0,0000055 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
- $E= 2 \times h ( K /q )^{0,5}$
- $E= 2 \times 2,0 ( 0,0000139 /0,0000055 )^{0,5} = \mathbf{6,35\text{m}}$