

**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” – ESALQ/USP
LEB 1440 – HIDROLOGIA E DRENAGEM**

Prof. Fernando Campos Mendonça

Aula 10 – Drenagem

9. Drenagem

9.1. Introdução:

Drenagem agrícola é o conjunto de técnicas e práticas que visa retirar o excesso de água e sais do solo, com os seguintes objetivos:

- a) Garantir a aeração;
- b) Garantir a trafegabilidade;
- c) Controle da erosão;
- d) Controle da salinidade.

a) Aeração:

Trocas gasosas no solo (DESENHO NO CADERNO)

- Coeficiente de difusão de O₂ e CO₂ na água é muito baixo
- Solo encharcado (saturado) → taxa de difusão de gases $\cong 0$;
- A drenagem elimina o encharcamento e melhora a aeração.

b) Trafegabilidade:

- Solo saturado → partículas em suspensão → compactação → Dificuldades para trafegar
- Drenagem → partículas mais coesas → Melhora no tráfego

c) Erosão:

- Partículas em suspensão → aumento da erodibilidade
- Partículas coesas (agregados) → redução da erodibilidade

d) Salinidade:

- Solo saturado → LF próximo da superfície ou aflorando → Evaporação → Salinização
- Drenagem → aprofundamento do LF → retirada de sais por lixiviação

9.1.1. Métodos de drenagem:

- Subterrânea
- Superficial

a) Drenagem subterrânea:

Objetivo: controle do LF

CADERNO – DESENHO DE DRENOS SUBTERRÂNEOS

b) Drenagem superficial:

Objetivo: retirada de água da superfície

CADERNO – DESENHO DE DRENOS SUPERFICIAIS

9.2. Investigações básicas para elaboração de projetos de drenagem

Etapas:

- Reconhecimento inicial da área
- Obtenção de autorização para drenagem subterrânea
- Saneamento inicial
- Levantamento topográfico
- Tradagens georreferenciadas e descrição de perfis dos solos
- Detecção de problemas com “seepage” vertical

9.2.1. Reconhecimento inicial da área

Objetivos:

- Entender o problema
- Propor uma solução inicial

TRANSPARÊNCIA – Aula10-1 – Reconhecimento inicial da área

Ações {

- Identificar as entradas de água
- Identificar o ponto de saída
- Natureza das poças
- Tradagens e cálculo de Ko
- Mapas e equação de chuvas

FIGURA – CADERNO – NATUREZA DAS POÇAS

9.2.2. Obtenção de autorização para drenagem subterrânea

SP: Lei 39473 de 07/11/1994 {
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Secretaria do Meio Ambiente
Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras

TRANSPARÊNCIA – Aula10-2 – ENTIDADES E DOCUMENTOS NECESSÁRIOS

- Largura da APP ao longo dos rios
- Áreas de floresta: não há concessão de licenças
- Áreas drenáveis:
 - Fora da APP
 - Áreas sem mata e já cultivadas

9.2.3. Saneamento inicial

CADERNO – DESENHO DE ENCOSTA, VÁRZEA, APP E RIO

- Valetas para drenagem de poças
- Canal para escoamento de água até o rio

9.2.4. Levantamento topográfico

- Encosta:

- Mapa pré-existente
- Carta IGC (esc. 1:10.000)
- Mapa IBGE (esc.: 1:50.000)

- Baixada (várzea)

- Método das quadrículas
Trena + nível
20 m x 20 m
Elaboração de mapas em escala 1:1.000 ou 1:2.000
Curvas de nível de 20 em 20 cm a 1,0 em 1,0 m

- Método da irradiação (Estação total)

9.2.5. Tradagens georreferenciadas e descrição dos perfis dos solos

- Objetivos
- Identificar o tipo de solo
 - Identificar a profundidade da barreira

TRANSPARÊNCIA – Aula 10-3 – TRADO PARA DRENAGEM ($\pm 4,3$ m)

- Equipe de 4 pessoas (2 trabalhadores braçais e 2 técnicos)
- Lona comprida (5-6 m) para disposição das amostras de solo na sequência de profundidade
- Descrição:
 - Cor
 - Textura
 - Estrutura
 - Consistência
- Identificação da profundidade da barreira

TRANSPARÊNCIA – Aula 10-4 – TIPOS DE SOLO MAIS FREQUENTES EM ÁREAS COM PROBLEMAS DE DRENAGEM

- a) Neossolo flúvico
 - Geralmente situa-se na APP (próximo ao rio)
- b) Neossolo quartzarênico
 - Projetos de irrigação localizada
 - Drenagem com caçambas bem abertas (λ grande para evitar desmoronamento)
- c) Organossolo (turfa)
 - Drenagem não recomendada devido à grande subsidência (decomposição da matéria orgânica e rebaixamento da superfície do solo)
- d) Gleissolos
 - Glei húmico e pouco húmico: drenagem difícil, muito argiloso, permeabilidade muito baixa (Ex.: “Tabatinga”, nome popular desse solo no RJ)

- Gleis tiomórficas:
 - Inviável para drenagem
 - Alta concentração de FeS
 - Drenagem → Aeração → FeS transforma-se em $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ e H_2SO_4
 - Queda brusca do pH e sérios problemas com equipamentos e plantas

- Planossolo
 - Com horizonte A arenoso e B_t abrupto (gradiente textural acentuado)
 - Baixa condutividade hidráulica (permeabilidade) no B_t
 - B_t raso → cultivo de arroz
 - B_t profundo → drenagem e plantio de outras culturas

- Hidromórfico cinzento: excelente para drenagem

TRANSPARÊNCIA – Aula 10-5 – PROF. DA CAMADA IMPERMEÁVEL E DRENAGEM

- Espaçamento econômico mínimo entre drenos: 20 m

Exercício (provinha): Estimar o custo do hectare drenado para uma área ampla, desprezando-se os custos com coletores e canal principal, e considerando os seguintes dados:

(CADERNO – FIGURA DE DRENO COM MEDIDAS)

Espaçamento entre drenos: $S = 60$ m

Custo de escavação: R\$ 5,00/m

Área da seção transversal do dreno: $A = b \cdot h + \lambda \cdot h^2$

SOLUÇÃO NO CADERNO

9.2.6. Problemas com “seepage” vertical

Seepage: movimento ascendente de água, que chega à superfície do solo devido à presença de uma camada arenosa confinada sob uma camada argilosa.

CADERNO – DESENHO DE *SEEPAGE*

TRANSPARÊNCIA – Aula 10-6 a 10-9 – TESTES PARA DETECTAR *SEEPAGE*

Providências em solos com *seepage*:

- Aprofundar ao máximo o dreno de cintura, até onde a cota do rio permitir
- Usar drenos verticais de alívio

TRANSPARÊNCIA – Aula 10-10 – FOTO COM DRENO VERTICAL DE ALÍVIO

9.2.7. Porosidade drenável (α)

É o volume de água que será drenado livremente por unidade de volume do solo, por meio de rebaixamento do LF.

CADERNO – DESENHO DE CUBO DE SOLO COM PARTÍCULAS E POROS

EXPLICAR CONCEITO DE UMIDADE DE SATURAÇÃO E CAPACIDADE DE CAMPO

$$\alpha = \frac{V_{\text{água}}}{V_{\text{solo}}} = \frac{h \times A}{A \times \Delta z} = \frac{h}{\Delta z}$$

h – lâmina d’água drenada

Δz – rebaixamento do LF

Determinação de α em laboratório:

$$\alpha = \frac{V_{\text{água}}}{V_{\text{solo}}} = \frac{V_{\text{água saturação}} - V_{\text{água cap.campo}}}{V_{\text{solo}}}$$

$$\alpha = \frac{V_{\text{água saturação}}}{V_{\text{solo}}} - \frac{V_{\text{água cap.campo}}}{V_{\text{solo}}}$$

$$\alpha = \theta_{\text{sat}} - \theta_{\text{cc}}$$

TRANSPARÊNCIA – Aula 10-11 E 10-12 – POROSIDADE DRENÁVEL (α)

Procedimentos de coleta de amostras e determinação de α :

CADERNO – FIGURA - AMOSTRAGEM IDEAL E APROXIMADA

Procedimento aceitável: Fórmula de Van-Beers:

$$\alpha (\%) = \sqrt{Ko}$$

Ko – condutividade hidráulica saturada do solo, cm/dia

α não afeta muito o espaçamento entre drenos, mas é importante para definir a lâmina d'água a ser drenada

TRANSPARÊNCIA – Aula 10-13 – POROSIDADE DRENÁVEL (α)

Exemplos:

a) Qual a lâmina d'água que escoou nas seguintes condições em um solo drenado:

Prof. $LF_1 = 50$ cm

Prof. $LF_2 = 100$ cm

$\alpha = 20\%$

Solução: $\alpha = \frac{h}{\Delta z} \Rightarrow h = \alpha \cdot \Delta z = 0,2 \times 50 \Rightarrow h = 10$ cm ou 100 mm

b) Nas condições apresentadas a seguir, qual será a nova profundidade do lençol freático (LF₂)?

Prof. LF₁ = 100 cm

$\alpha = 10\%$

O solo encontrava-se na capacidade de campo e infiltraram-se 50 mm (5,0 cm) de água.

Solução: $\alpha = \frac{h}{\Delta z} \Rightarrow \Delta z = \frac{h}{\alpha} = \frac{5,0}{0,1} = 50 \text{ cm}$

Prof. LF₂ = 100 – 50 = 50 cm

9.2.8. Condutividade hidráulica do solo saturado (K_o)

Equação de Darcy: $q = K_o \cdot \frac{\Delta H}{\Delta x}$

q – fluxo de água em meio poroso

K_o – condutividade hidráulica saturada

ΔH – diferença de pressão entre os pontos de medição

Δx – diferença de comprimento (distância entre os pontos)

Exercícios (exemplos):

a) Calcular a velocidade com que a água se move em uma várzea não drenada com as seguintes condições:

K_o = 0,5 m/dia

$\theta_s = 50\%$

$\Delta H = 20 \text{ cm (0,2 m)}$

$\Delta x = 100 \text{ m}$

DESENHO NO CADERNO

Solução:

$$q = 0,5 \cdot \frac{0,20}{100} = 0,001 \text{ m/dia}$$

Velocidade da água nos poros do solo: $v = \frac{q}{\theta_s} = \frac{0,001}{0,5} = 0,002 \text{ m/dia}$

b) Calcular a velocidade com que a água mover-se-á na mesma várzea se ela for drenada nas seguintes condições:

CADERNO – DESENHO DOS DRENOS DA VÁRZEA

Solução:

$$q = 0,5 \cdot \frac{1,0}{30} = 0,015 \text{ m/dia}$$

Velocidade da água nos poros do solo: $v = \frac{q}{\theta_s} = \frac{0,015}{0,5} = 0,03 \text{ m/dia}$ (15 vezes a anterior)

Métodos de determinação de K_o :

- Permeâmetros (laboratório)

CADERNO – DESENHO E EQUAÇÃO DE K_o

- Método do furo do trado: anota-se o tempo para o LF subir 10 cm

Amostra de um volume de solo com $r = 40 \text{ cm}$, que vai da posição estática do LF até 20 cm abaixo do fundo do poço

TRANSPARÊNCIA – MÉTODO DO FURO DO TRADO

Exercício (exemplo): A leitura da umidade de um solo acima do LF foi medida e encontrou-se um valor de 30% à base de volume. Sabendo que o LF está a 1,5 m de profundidade, calcule a nova profundidade do LF após uma chuva de 180 mm, que se infiltrou totalmente.

Dados: $\theta_s = 47,5\%$

$\theta_{cc} = 40\%$

$\theta_s = 30\%$

$LF_1 = 1,5 \text{ m}$

$h_c = 180 \text{ mm}$ (0,18 m)

$$\alpha = \theta_s - \theta_{cc} = 0,475 - 0,40$$

$$\alpha = 0,075 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 \text{ ou } 7,5\%$$

Se o solo estivesse saturado a elevação do LF seria:

$$\Delta z = \frac{h_c}{\alpha} = \frac{180 \text{ mm}}{0,075} = 2400 \text{ mm ou } 2,4 \text{ m}$$

Como o solo não está saturado, parte da chuva será armazenada nos poros do solo, sem elevar o LF até que a umidade atinja a capacidade de campo (θ_{cc}):

$$h' = (\theta_{cc} - \theta_a) \times 10 \times z = (0,40 - 0,30) \times 10 \times 150$$

$$h' = 150 \text{ mm}$$

Para elevar o LF sobram: $180 - 150 = 30 \text{ mm}$

Então a elevação do LF será: $\Delta z = \frac{30 \text{ mm}}{0,075} = 400 \text{ mm}$ ou $0,4 \text{ m}$

Portanto, a nova profundidade do LF será: $LF_2 = LF_1 - \Delta z = 1,5 - 0,4 = 1,1 \text{ m}$