

Doação
FOL
0295:

I CURSO SOBRE MANEJO DE SOLO E ÁGUA
EM PROPRIEDADES AGRÍCOLAS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

Período: 4 a 29 de outubro de 1982

PRINCÍPIOS DE DRENAGEM AGRÍCOLA

Paulo César Farias Gomes

1982

Petrolina, PE.

Princípios de drenagem

~~1982~~

~~FL-05017~~



32531-1



CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

CPATSA

PRINCÍPIOS DE DRENAGEM AGRÍCOLA^{1/}

Paulo César Farias Gomes^{2/}

^{1/} Trabalho de revisão apresentado no I Curso Sobre Manejo de Solo e Água em Propriedades Agrícolas do Trópico Semi-Árido.

^{2/} Engº Agrº M.S. Pesquisador da EMBRAPA/CPSTSA, Petrolina - PE.

Í N D I C E

INTRODUÇÃO	01
DRENAGEM DE ZONAS ÚMIDAS	01
DRENAGEM DE ZONAS ÁRIDAS.....	01
ORIGENS DE EXCESSOS DE ÁGUA	03
INVESTIGAÇÃO DE CAMPO	03
ESTUDOS DO LENÇOL FREÁTICO (POÇOS)	04
CONFECÇÃO DE MAPAS	06
PIEZÔMETRO	10
CRITÉRIOS DE DRENAGEM	11
MÓDULO DE DRENAGEM	12
ESPAÇAMENTO E PROFUNDIDADE DE DRENOS	13
MÉTODOS DE DRENAGEM	16
BIBLIOGRAFIA	20

INTRODUÇÃO

Se entende por drenagem agrícola, todas as ações derivadas do homem que tendem a eliminar os excessos de umidade do solo, onde se verifica o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Seu objetivo é, retirar o excesso de água a fim de manter a aeração e atividade biológica que são indispensáveis aos processos fisiológicos dos cultivos. Assim como também a remoção e lixiviação de altos conteúdos de sais.

Se distingue dois tipos de drenagem: Superficial e Interna. Onde o primeiro drena os escorrimentos superficiais e o segundo todos os excedentes de umidade sub-superficial.

Se o terreno tem capacidade para eliminar todas as sobras d'água, não importando a fonte (chuva, excesso de água de irrigação, etc) se designa como drenagem natural. Ao passo que, se existir a intervenção do homem para eliminar ditos excedentes, se denomina drenagem artificial.

a) Drenagem de zonas úmidas

Nas zonas úmidas, cujas condições climáticas se caracterizam por um regime pluviométrico superior ao evapotranspiratório, prevalece um excesso de água que, sob certas condições de topografia desfavorável e baixa drenagem interna do solo, podem dar origem a problemas de drenagem. Quando tais excessos de água ocorrem durante o período vegetativo dos cultivos, resultam em sérias limitações ao crescimento e desenvolvimento dos mesmos, podendo a produção ser totalmente comprometida.

Dado que nessas regiões a salinidade raramente constitui um problema, o objetivo fundamental da drenagem, então, é manter o nível do lençol freático a uma profundidade que não prejudiquem as plantas.

b) Drenagem nas zonas áridas

Nas zonas áridas, onde a evapotranspiração é nitidamente superior à precipitação, é lógico que não ocorram problemas de drenagem, em condições naturais. Esses solos, face às escassas precipitações, são insuficientemente lixi-

viados, o que os torna geralmente salinos ou alcalinos. Quando submetidos à irrigação, a quantidade de água aplicada deve exceder a requerida pelos cultivos, para que seja mantido no solo um nível de salinidade tolerável pelas plantas. Neste caso, a menos que exista um eficiente sistema de drenagem, capaz de eliminar o excesso de água aplicada com os sais dissolvidos, mantendo o lençol freático a uma profundidade desejável, pouco a pouco este se elevará e, como consequência, provocará altos níveis de umidade, pobre aeração e ascensão dos sais que não puderam ser lixiviados.

c) Origens do excesso de água

Considerando que o propósito da drenagem consiste em eliminar o excesso de água e manter o lençol freático a uma adequada profundidade, é importante que se considere as origens do excesso de água. Nas áreas de irrigação, os componentes ou causas principais que contribuem para a recarga do aquífero são: 1) irrigação; 2) infiltração na rede de canais; 3) precipitação; 4) fluxo de água subterrânea.

A água aplicada mediante irrigação geralmente constitui o principal componente da recarga do lençol freático. É bem verdade, todavia, que, em alguns casos, a contribuição decorrente da precipitação ou das perdas por infiltração nos canais pode ser maior.

Dado que os processos usuais de irrigação, principalmente os por gravidade, apresentam baixa eficiência de irrigação, torna-se necessário aplicar um volume de água superior ao requerido pelos cultivos, cujo excesso se perde por percolação profunda. Em determinados casos, tais perdas são maiores, estando impostas pelas necessidades de lavagem dos solos que apresentam um alto teor de salinidade ou pela natureza salina das águas empregadas na irrigação.

As perdas por infiltração ao longo dos canais de irrigação se constituem num importante componente de recarga do aquífero. Na maioria dos projetos de irrigação, estas perdas devem ser consideradas, em vista do valor real e potencial da água como recurso, devendo serem tomadas decisões com respeito à viabilidade econômica de revestir os canais para conservar a água e reduzir as necessidades de drenagem.

A contribuição das chuvas no reabastecimento do lençol freático é variá-

vel e depende da sua distribuição ao longo do ano e da intensidade, frequência e duração de cada evento. Em certas regiões, como a nossa, o regime pluviométrico é mais pronunciado no inverno, época em que a velocidade de evapotranspiração é baixa. Tal fato, faz com que, nas zonas baixas, o lençol freático suba consideravelmente, tornando-as impróprias para exploração de uma elevada gama de cultivos de inverno, bem como retardando o preparo do solo para os cultivos de primavera-verão. As águas, neste caso, provêm da precipitação direta sobre a referida zona e das partes altas dos terrenos adjacentes por escoamento superficial e sub-superficial.

O fluxo de água subterrânea se dá em direção aos potenciais decrescentes, sendo as forças devidas à gravidade e à diferença de pressão da água no solo, as responsáveis pelo movimento da água em solos saturados. Depende-se disso, que a contribuição de água subterrânea das zonas adjacentes depende da localização das áreas de recarga. Muitas vezes, a recarga do lençol freático de determinadas áreas provêm da contribuição dos rios que a cruzam ou a margeiam, principalmente quando suas ondas de cheia afetam parte dessas áreas. Em outros casos, a fonte de recarga está situada nas partes altas dos terrenos adjacentes.

Por outro lado, o fluxo ascendente proveniente dos lençóis artesianos, pode se constituir numa importante fonte de recarga do lençol freático, fato que, também, dever ser considerado.

INVESTIGAÇÃO DE CAMPO

Para que se disponha de eficientes elementos que permitam reconhecer e diagnosticar os problemas de drenagem, a fim de que se possa solucioná-los, tornam-se necessários estudos e investigações de campo.

Nas investigações para fins de irrigação, interessa conhecer o perfil até a profundidade de 2 m, no máximo. Para fins de drenagem, as características físicas do perfil abaixo dos 2m pode ser de maior importância que a superior. É necessário determinar as características do subsolo por perfurações mais profundas, no geral, até 10 m ou mais, ou até ser atingido o primeiro estrato que

se possa considerar impermeável.

O principal objetivo dos estudos de perfil é determinar a estratificação e a permeabilidade relativa das camadas. O conhecimento de camadas de baixa ou alta permeabilidade suas espessuras até 10 m, é da maior importância, pois pode dar uma idéia do tipo de fluxo de água subterrânea até o dreno (horizontal ou radial), do tipo de sistema de drenagem a ser usado, interessando, também, no cálculo do espaçamento entre drenos.

a) Estudos do lençol freático

O conhecimento da profundidade, do movimento e das tendências cíclicas da água subterrânea, bem como dos pontos de alimentação e descarga, fornece subsídios valiosos e necessários ao projeto de drenagem, pois permitem estabelecer a natureza e extensão dos problemas.

Para este estudo, há necessidade de ser instalada uma rede de poços de observação, cobrindo toda a área do projeto e as adjacentes. O poço de observação, fundamentalmente, consiste num furo vertical feito no terreno, até a profundidade que cubra o nível mínimo do lençol freático. A abertura do poço pode ser feita com um trado manual de uns 10 cm de diâmetro.

Geralmente, os poços de observação são perfurados para fornecerem informações por um tempo, pelo menos, igual a um ano. Por isso, para assegurar sua conservação, principalmente em solos de textura mais grossa convém construí-los da seguinte maneira: instala-se, dentro do poço feito, um tubo com diâmetro de uns 5 cm, o qual deve ficar a uns 10 cm do fundo do poço e sobressair-se à superfície do terreno em 30 a 45 cm, para facilitar sua localização. No fundo do poço e entre as paredes deste e as do tubo, até próximo ao nível máximo esperado do lençol freático, coloca-se cascalho fino. Isto pôsto, enche-se a parte superior restante com terra batida. É interessante construir um bloco de concreto para fixar o tubo na superfície do terreno. Para que o poço apresente a maior sensibilidade possível, convém que o tubo a ser usado seja perfurado nos 80 cm inferiores. A Figura 1, a seguir, representa um corte longitudinal de um poço revestido.

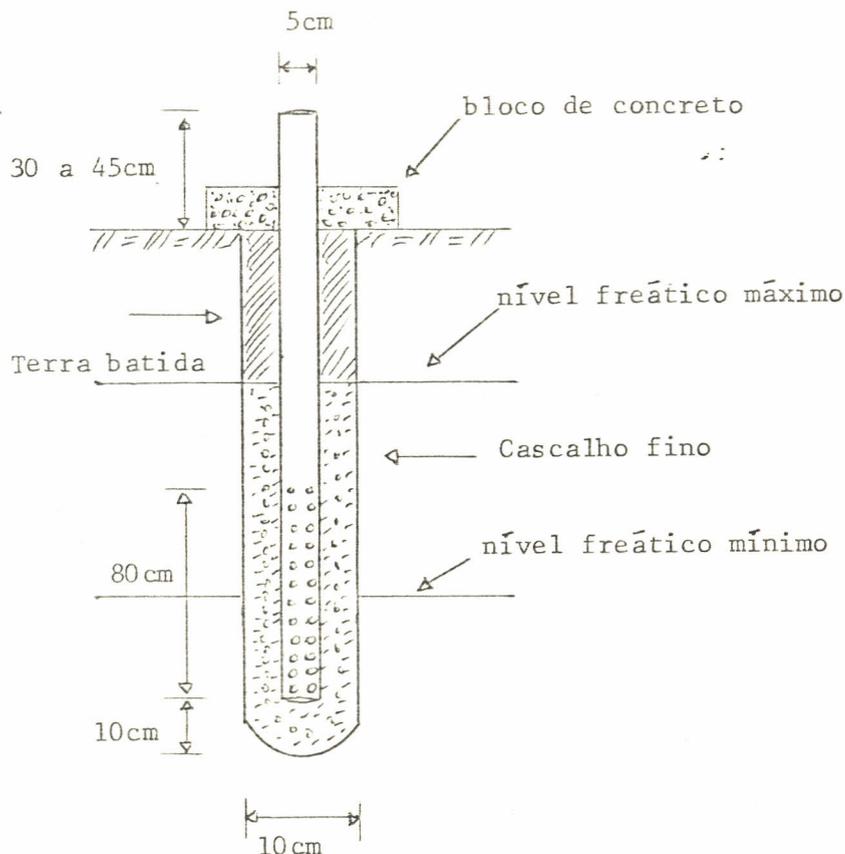


Figura 1. Detalhes de um poço de observação revestido.

Os tubos a serem empregados podem ser de plástico, chapa galvanizada, ferro, cimento-amianto, etc. Deve-se selecionar o material que, economicamente, resulte mais conveniente de acordo com seu custo de aquisição e condições de conservação.

O espaçamento entre os poços de observação e a densidade dos mesmos, depende do nível de estudo e do grau de variação dos gradientes hidráulicos que se deseja registrar. De uma maneira geral, o espaçamento entre os poços de observação pode oscilar entre 500 a 2000 m. Kessler (citado por Grassi) estabeleceu uma escala de densidade de pontos, baseada exclusivamente no tamanho da área. Se a área for de 100, 1000 ou 10.000 ha, o número de pontos deve ser de 20, 40 e 100, respectivamente.

Os poços devem ser dispostos no campo, formando, dentro do possível, uma rede em quadrado ou retângulo. Esta disposição apresenta a vantagem de facilitar a confecção e interpretação dos mapas, bem como a representação dos perfis

de níveis freáticos.

Resumindo, os poços de observação devem ser instalados de modo a fornecerem uma representação média do nível freático em sua área de influência.

Cada poço instalado deve estar registrado com toda a informação necessária para individualizá-lo. O registro deve incluir: a) sua localização e elevação (cota do nível do terreno e do extremo superior do tubo que fica acima do terreno); b) detalhes relativos a sua construção (diâmetro do poço e do tubo, materiais usados e perfuração do filtro); c) características do perfil do solo (espessura e textura dos diferentes estratos atravessados).

Para referenciar cada posto de uma rede, deve-se estabelecer um sistema de numeração prático. Uma forma simples e eficiente é estabelecer um sistema de coordenadas cartesianas para a rede. No eixo dos X, as colunas de poços serão indicadas pelas letras A, B, C... e, no dos Y, as linhas receberão os números 1, 2, 3... Assim, um poço que está localizado na segunda coluna e terceira linha, será referenciada por B3.

A frequência das leituras depende do grau de variação de nível que se deseja registrar e da natureza do estudo. O registro dos níveis antes, durante e depois do período de recarga do aquífero (chuva ou irrigação), fornece valiosa informação para diagnosticar o problema, mormente se ocorrerem os níveis máximos e mínimos. Entretanto, para fins de projeto são requeridos leituras mensais e, em certas ocasiões, duas por mês.

Com as observações colhidas da rede de poços, pode-se confeccionar mapas de níveis freáticos e de profundidade da superfície freática, bem como traçar o perfil do lençol freático.

b) Confeção de mapas

O mapa de níveis freático é confeccionado interpolando-se os dados de elevação ou cota de nível da água subterrânea, obtidos ao relacionar-se as leituras dos poços de observação a um plano de comparação. As linhas de mesma cota (curvas de níveis do lençol freático), chamadas "isohypsas", devem ser traçadas entre 20 e 50 cm de desnível do lençol, segundo os gradientes hidráulicos disponíveis.

Várias conclusões são obtidas através deste mapa: a) direção do fluxo;

b) gradiente hidráulico; c) área de recarga e/ou de descarga e d) valor relativo da condutividade hidráulica.

Referidas a um determinado plano de comparação, as "isohypsas" representam linhas de igual potência (equipotenciais). Dado que as linhas de fluxo, em condições de isotropia, são normais às equipotenciais, orientando-se na direção dos potenciais decrescentes, o mapa de níveis freáticos define claramente a direção do fluxo, em geral ou parcialmente (Figura 2).

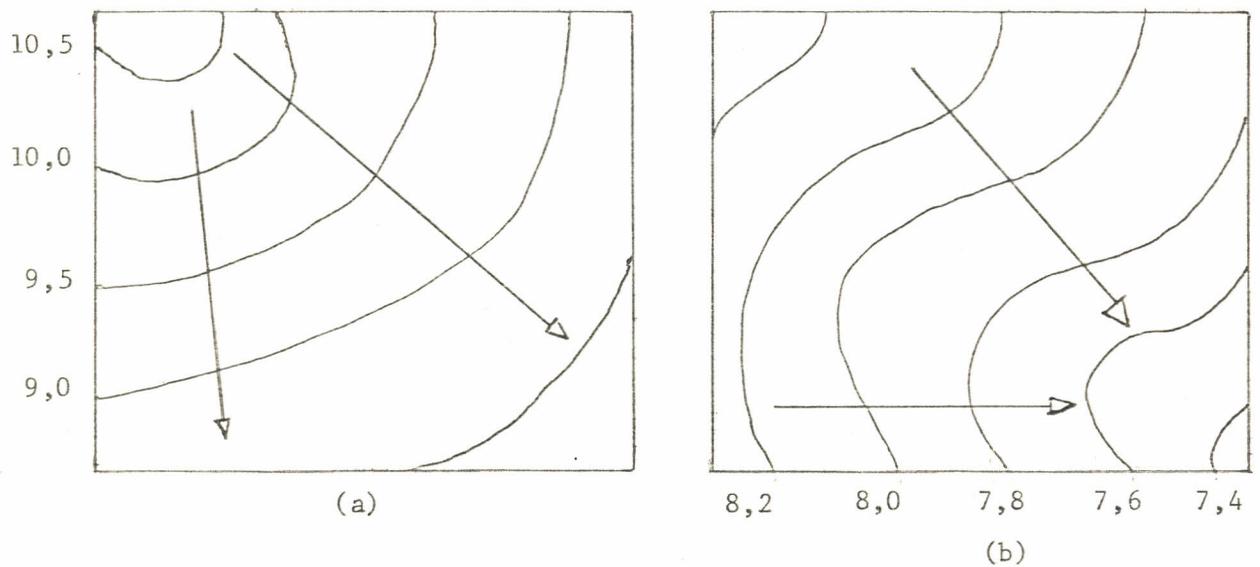


Figura 2. Mapa de níveis freáticos com indicação da direção do fluxo.
a) fluxo divergente; b) fluxo convergente.

A diferença de cotas entre as "isohypsas" dividida pela distância real que as separa, define o gradiente hidráulico ($h/L = i$). Uma variação no gradiente hidráulico pode está relacionada com a condutividade hidráulica ou transmissibilidade do estrato¹. Neste caso, a equação de Darcy permite tirar conclusões a respeito das características relativas do estrato.

¹Quando, na equação de Darcy para fluxo de água subterrânea ($Q = A.K.i$), representamos a área (A) pelo produto da espessura (H) do estrato transmissor por unidade de largura (l), chama-se transmissibilidade (T) o produto $H \times l \times K$. Desta forma a equação pode ser assim representada: $Q = T \times i$.

Um mapa que apresenta "isohypsas" concêntricas de valores crescentes, individualizada uma área de recarga, conforme mostra a Figura 3.

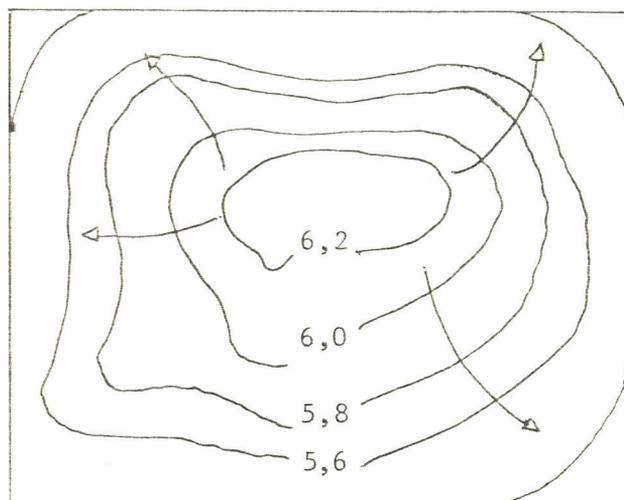


Figura 3. Mapa de níveis freáticos com indicação de direção de fluxo (divergente) e de uma área de recarga.

Como os níveis freáticos são dinâmicos (mudam em função do tempo), cada leitura correspondente a uma data determinada permite a confecção de um mapa. Apresenta particular importância, o mapa que corresponde ao nível máximo e o que corresponde ao nível mínimo, especialmente pela diferença de cota entre os dois, que assinala a elevação com o regime de recarga existente e a capacidade de abaixamento vinculado à drenagem natural.

No mapa de profundidade da superfície freática, as linhas traçadas (isobatas) ligam pontos do lençol que se encontram à mesma profundidade com relação ao terreno. Este mapa permite delimitar as áreas com diferentes graus de afeção do problema, sendo o mapa mais importante para justificar ou não a realização de uma obra de drenagem, já que é o que permite realizar uma análise agro-econômica e determinar a necessidade de viabilidade de uma obra. Na Figura 4, a seguir, são representados, num mapa topográfico, os mapas de níveis freáticos e o da profundidade da superfície freática, onde se pode verificar a

diferenciação entre eles.

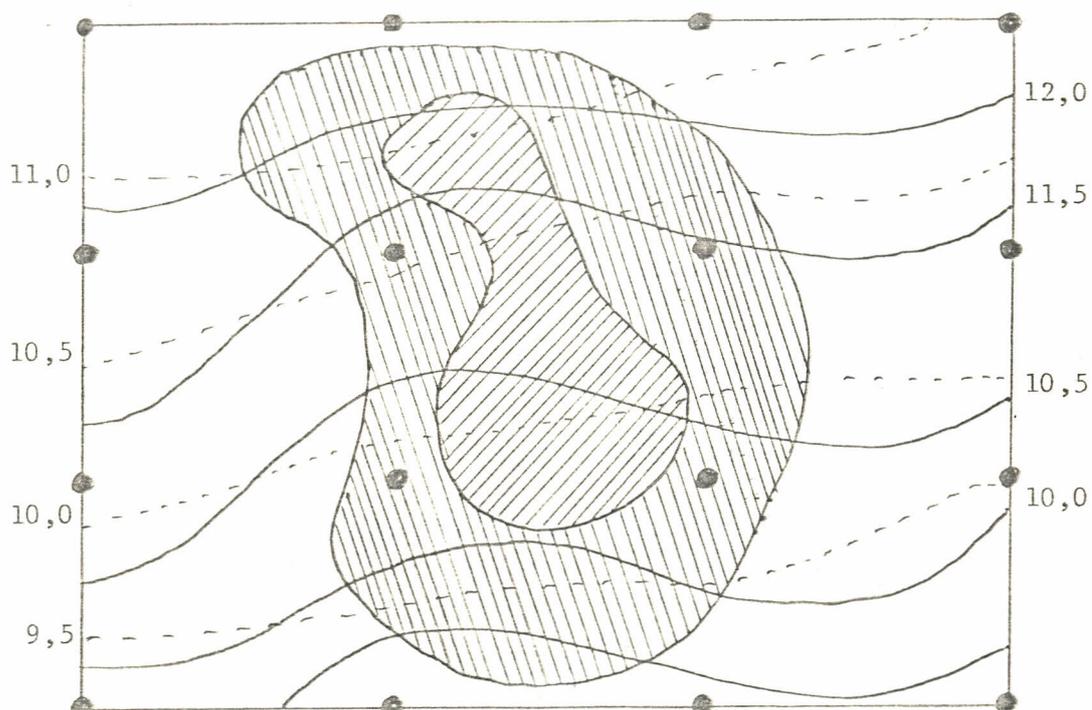


Figura 4. Superposição dos mapas topográficos, de níveis piezométricos e de profundidade da superfície freática de um determinado terreno.

Legenda - poços de observação: ●
 curvas de níveis do terreno: ————
 isohypsas: - - - - -
 profundidade do nível de água (isobatas):
 0 a 50 cm  ; 50 a 100 cm 

Os dados colhidos dos poços de observação permitem, também, traçar os perfis dos níveis freáticos na direção do fluxo (Figura 5), o que nos dá uma idéia mais clara dos gradientes hidráulicos existentes e suas variações ao longo do percurso. Através deste gráfico, pode-se observar mais claramente a zona de recarga e a de descarga do aquífero, bem como determinar a localização topográfica mais adequada para os drenos interceptantes.

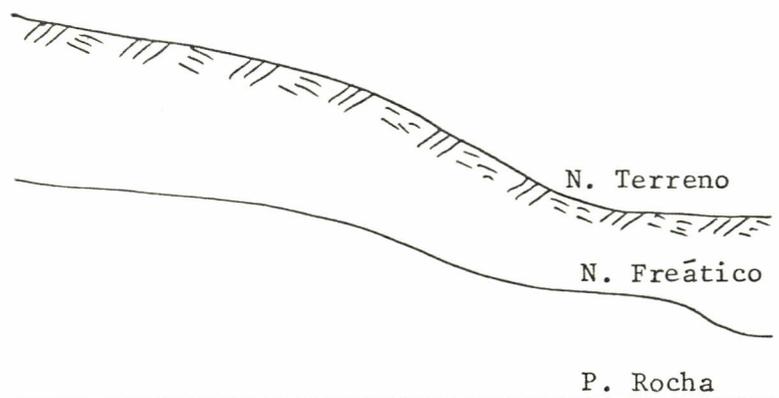


Figura 5. Levantamento do perfil do nível freático na direção do fluxo.

c) Piezômetro

Desejando-se determinar a existência de pressões variáveis com a profundidade do aquífero (gradientes verticais), que originam um fluxo ascendente ou descendente, usa-se os aparelhos chamados piezômetros.

Um piezômetro consta essencialmente de um tubo metálico, com diâmetro de $3/8''$ (9,6 mm) a $1/2''$ (12,5 mm), abertos nos dois extremos. É instalado no solo através de processos especiais, de modo que sua superfície externa fique em íntimo contato com o solo. Assim, a elevação do nível d'água no piezômetro mede a pressão com relação ao seu extremo inferior, o que difere do poço de observação, cujo nível de água em seu interior reflete a altura do lençol freático.

Dois ou mais piezômetros, instalados a diferentes profundidades, constituem uma bateria de piezômetros. A leitura de níveis de água em uma bateria de piezômetros, permite definir a direção e gradiente do fluxo. É, através de uma bateria de piezômetros, que se verifica se há algum estrato artesianos influenciando no lençol freático, o que é muito importante em projetos de drenagem na fase de eleição do método a ser adotado.

Quando não existem gradientes verticais, piezômetros instalados a diferentes profundidades registram o mesmo nível. Isso significa não haver diferença de pressão entre os dois pontos observados. Neste caso, o piezômetro e o poço de observação, medem o mesmo nível do lençol freático (Figura 6).

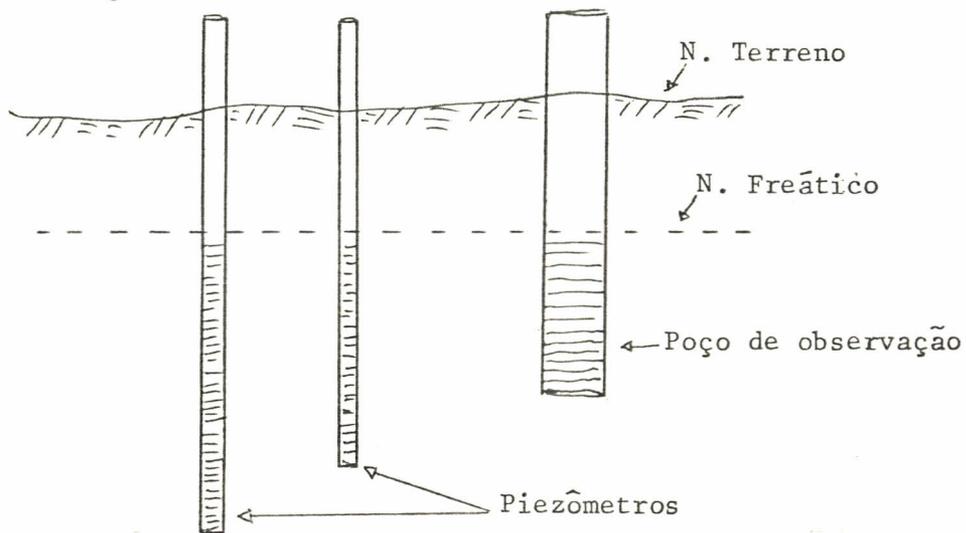


Figura 6. Correspondência de nível entre piezômetros e poço de observação, quando não existe gradiente vertical.

Para auxiliar no diagnóstico dos diversos problemas de drenagem, outros mapas poderão ser confeccionados, como o de profundidade da camada impermeável e o de permeabilidade.

CRITÉRIOS DE DRENAGEM

Para que se possa traçar e dimensionar a rede de drenagem, dois critérios devem ser estabelecidos: 1) a profundidade ótima que deve ser mantido o lençol freático e 2) o valor que deverá ter o coeficiente ou módulo de drenagem.

Profundidade ótima do lençol freático

A profundidade ótima a que deve ser mantido o lençol freático depende do uso da terra a drenar, da natureza do solo, do tipo de cultivo ou da rotação de cultivos a implantar e da existência ou não de problemas de salinidade.

Quando a drenagem não é acompanhada da irrigação, o lençol pode permane-

cer a uma pequena profundidade, pois assim a franja capilar pode alimentar as plantas em caso de irregularidades na distribuição das chuvas. Diversas pesquisas têm sido feitas a respeito do assunto, sendo recomendado pelas técnicas holandesas ou profundidades mínimas de 0,30 m para as pastagens, 0,50 m para as culturas anuais comuns e um pouco mais para as de sistema radicular mais profundo e para as culturas perenes. Para a França, Rolley (citado por Poiree - Olliver) indica os valores médios constantes da tabela abaixo, segundo os cultivos e tipos de solo.

Tabela 1. Profundidade ótima do lençol freático em metros, segundo Rolley.

Natureza do Solo	Cultivos Comuns	Pastagens
Argiloso	0,70 a 1,20	0,50 a 0,80
Franco	0,60 a 1,00	0,40 a 0,60
Arenoso	0,60 a 0,80	0,30 a 0,50
Turfoso	0,60 a 0,80	0,30 a 0,40

Tratando-se de zonas irrigadas, o lençol freático deve ser mantido a profundidades maiores. Israelsen e Hansen recomendam manter o nível freático a profundidades iguais ou maiores de 1,80 m. No entanto, assinalam que um cultivo adequado pode apresentar bons resultados, inclusive excelentes, quando o lençol freático se encontra entre 0,9 a 1,80 m de profundidade. Neste caso, deve-se ter especial cuidado para que a aplicação de água seja adequada, isto é, sistemas de irrigação devem operar dentro da máxima eficiência possível.

Havendo problemas de salinização do solo, é aconselhável que o nível freático seja mantido a profundidades maiores, sendo 2,50 m uma profundidade ótima.

a) Módulo de drenagem

Para se dimensionar os drenos (abertos ou cobertos) bem como calcular o seu espaçamento através de métodos analíticos, deve-se determinar o módulo ou coeficiente de drenagem, o qual representa a quantidade de água que deve ser

escoada em 24 horas pelo menos. Geralmente, é referido em metros por dia (m/dia) ou em milímetros por dia (mm/dia).

O módulo de drenagem (q) depende da quantidade de água que deve ser eliminada (chuva ou água de irrigação), da profundidade e espaçamento dos drenos e da permeabilidade do solo. Sua determinação é mais uma questão de critério do projetista, baseado em sua experiência, observação de drenos existentes, observações de autores relativas a drenagens e nas interrelações hidrológicas entre o solo e a água. Em se tratando de regiões áridas e semi-áridas, a necessidade de lixiviação e o conteúdo de sais da água de irrigação devem ser considerados. Em resumo, o módulo de drenagem deve ser selecionado de maneira que elimine o excesso de água do solo, a uma velocidade que possa evitar sérios danos aos cultivos.

Pickels (citado por Daker), baseado somente na precipitação média anual, recomenda tomar-se os seguintes módulos de drenagem: a) quando a precipitação média anual for inferior a 750 mm $q = 6,4$ mm/dia; b) para precipitação entre 750 e 1000 mm $q = 8$ a $9,5$ mm/dia; c) para precipitação entre 1000 e 1250 mm $q = 12,7$ mm/dia; d) para precipitação superior a 1250 mm $q = 19$ mm/dia. Estes valores podem ser usados como uma primeira aproximação em anteprojetos.

Larson (citado por Roe e Ayres) observou que, para o Nordeste da região do Pacífico, nos Estados Unidos, os valores do módulo de drenagem correspondem, aproximadamente, a 1% da precipitação anual local.

Segundo Schwab (Luthin) os valores do coeficiente de drenagem para tubos nas regiões úmidas variam geralmente de 6,4 a 25,4 mm/dia. Citado por Schwab, Weir afirma que, nas zonas irrigadas, o módulo pode variar desde 1/10 até 1/2 da quantidade de água aplicada.

b) Espaçamento e profundidade dos drenos

Um dreno cria um centro de baixa pressão que origina um fluxo em sua direção, fazendo com que a curva que separa o solo saturado e não saturado (curva de abatimento, curva de saturação ou linha de efeito útil da drenagem) tenha uma forma elíptica. Devido a esta forma elíptica da curva de saturação, existe uma íntima correlação entre o espaçamento e a profundidade dos drenos. Fixando-se a profundidade do lençol freático no ponto médio da curva de saturação, o espaçamento entre os drenos poderá ser aumentado quando a profundidade

dos mesmos também o for. Entretanto, o aumento de profundidade dos drenos é limitado por dois fatores: econômico ou a existência de uma camada impermeável muito superficial.

Quando a camada impermeável não é limitante, os autores são mais ou menos unânimes com relação à profundidade mínima de drenagem, a qual, em terrenos irrigados, não deverá ser inferior a 1,80 m.

O espaçamento entre os drenos pode ser determinado analiticamente, através das diversas fórmulas existentes, ou graficamente, quando é conhecida a declividade da linha de saturação. Depende da condutividade hidráulica, do módulo de drenagem, da profundidade ótima do nível freático, da profundidade dos drenos e da profundidade em que se encontra a camada impermeável.

A declividade da linha de saturação, segundo Daker, pode ser determinada a campo por meio de um dreno de ensaio e vários furos com um trado, segundo uma direção normal ao mesmo (Figura 7).

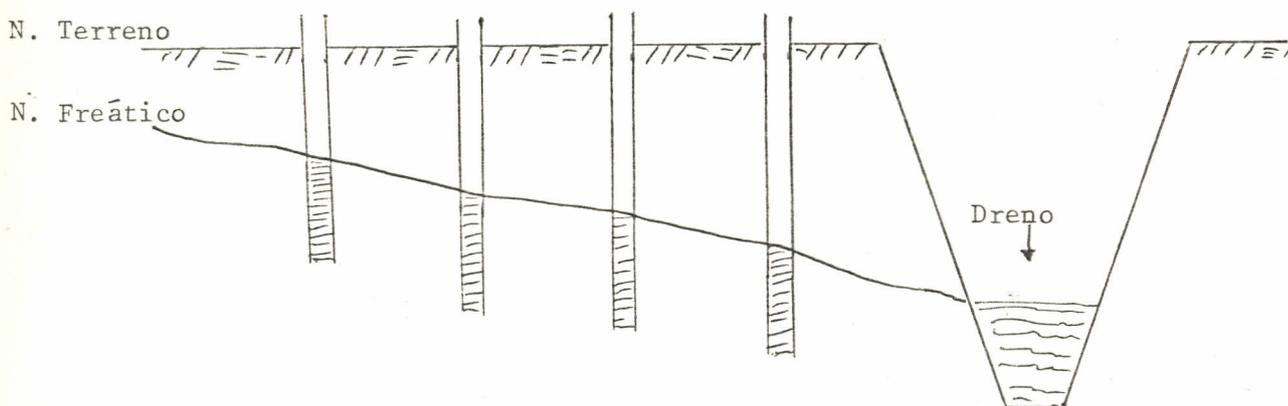


Figura 7. Determinação prática da declividade da linha de efeito útil da drenagem.

Conhecida a declividade da linha de efeito útil da drenagem e tendo-se estabelecido a profundidade mínima do lençol freático no ponto médio da curva, pode-se, graficamente, determinar o espaçamento entre drenos para o solo em questão.

Com relação à determinação do espaçamento através de fórmulas, trataremos apenas do caso em que o regime de recarga do aquífero é considerado uniforme (fluxo permanente), isto é, não varia substancialmente com o tempo. Portanto, em condições de fluxo permanente, a curva que separa a zona de aeração de saturação permanece estacionária. Dentro deste tópico, abordaremos apenas o problema de drenagem em solos homogêneos e isotrópicos, quando o fluxo horizontal é predominante, segundo Hooghoudt.

A predominância do fluxo horizontal é determinada pela profundidade em que se encontra a camada impermeável com relação à linha dos drenos. Se a camada impermeável se encontra a uma profundidade igual ou menor do que 5 m da superfície do terreno, poderemos tratar o problema considerando que o fluxo é horizontal (Figura 8).

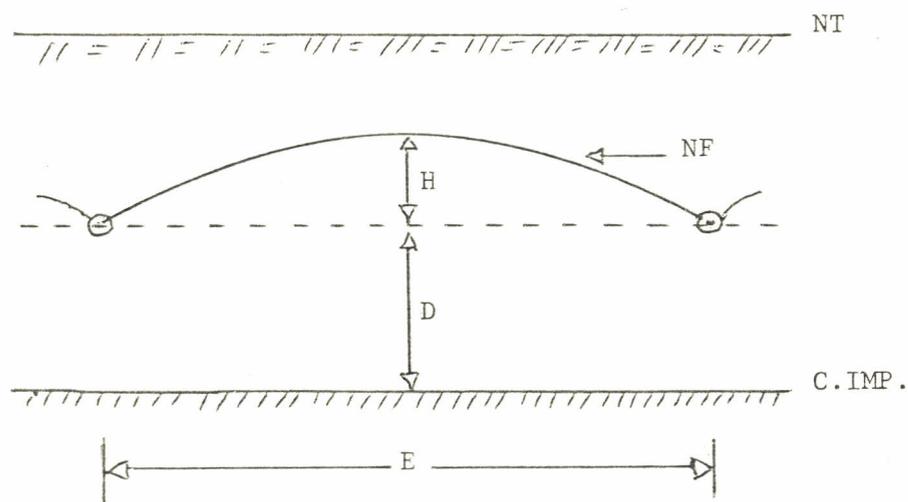


Figura 8. Diagrama mostrando os elementos da fórmula de Hooghoudt para o espaçamento entre drenos.

A fórmula para o cálculo do espaçamento entre drenos, neste caso, é a seguinte:

$$E = \sqrt{4 K H (2 D + H) / q}$$

sendo: E o espaçamento, em m; D a profundidade da camada impermeável abaixo da linha dos drenos, em m; H a altura do ponto médio da curva de saturação com relação a linha dos drenos, em m; K a condutividade hidráulica, em m/dia e q o módulo de drenagem, em m/dia.

Quando os drenos forem instalados à mesma profundidade da camada impermeável ($D = 0$), a fórmula acima é representada do seguinte modo:

$$E = 2 H \sqrt{K/q}$$

c) Métodos de drenagem

A escolha de um método apropriado para a drenagem de água subterrânea, depende primariamente da origem do excesso de água e das condições fisiográficas e geológicas da área em questão, especialmente se se verificar a ocorrência de "stratus" no solo de diferentes permeabilidades.

As fontes de águas subterrâneas de uma dada área podem ser originadas de chuvas ou de excesso d'água de irrigação na área; de infiltração lateral proveniente do excesso de água de irrigação de áreas mais elevadas; de infiltração das águas de rios adjacentes; de canais sem revestimentos; ou, de movimentos ascendentes de aquíferos artesianos.

Drenos interceptores:

Se a água entra em uma área em forma de um fluxo lateral sobre uma camada impermeável definida à uma profundidade bastante rasa, este fluxo poderá ser interceptado por meio de uma vala ou de drenos subterrâneos (ex.: manilha) localizados nas adjacências da área. Este método é de baixo custo pois uma unidade linear de dreno cobre uma grande área. O sucesso deste método consiste em eliminar qualquer movimento de água sob o dreno, pelo menos à uma considerável profundidade. Assim, o fundo do dreno interceptor deve estar sobre o "stratus" mais impermeável que fica sob a camada do solo condutora de água.

Drenos subterrâneos:

Nas condições em que não é possível usar-se drenos interceptores, a drenagem subterrânea (de alívio) deve ser considerada. Este termo é aplicado a sis

temas nos quais os drenos são distribuídos ao acaso na área em questão. Este é o método mais eficiente onde a fonte de água não está bem definida ou quando ela penetra na área através de uma camada condutora demasiadamente profunda, para ser interceptada por drenos interceptores. Esta é a única alternativa para uma área sob péssima condição de drenagem.

Poços:

São usados em drenagem como dreno interceptor, ou para drenagem de alívio. Em ambos os casos dependem da presença de materiais permeáveis no sub-solo, pois ele necessita de um rápido movimento lateral d'água para bombeamento que provoca o abaixamento do lençol freático. O uso deste sistema depende, primariamente, da área de influência do poço. Se esta área for restrita, necessitará de muitos poços e os custos serão excessivos. Onde não existe uma quantidade apreciável de sais, a água bombeada poderá ser usada na irrigação.

Tipos de drenos:

Há vários tipos de drenos e a maioria pode ser usado indiferentemente nas mais diversas condições. O principal fator na seleção do tipo do dreno é o custo de instalação, manutenção e aproveitamento da área cultivada. Em alguns casos, há necessidade de instalação de um sistema de dreno específico.

Dreno aberto (valas; etc.):

Este tipo de dreno é relativamente barato para se construir, principalmente onde são requeridos drenos de grande capacidade. Neste tipo, as águas superficiais podem facilmente ser removidas pois elas não necessitam percolar através do solo para alcançar o dreno. Estes drenos requerem uma regular manutenção que consiste na remoção de ervas, e de solo que cai e erode dentro dele. As plantas aquáticas são os principais problemas, mas podem ser controladas por meio de fogo ou produtos químicos. A remoção do solo pode ser feita com máquinas tipo "draga" ou outra similar.

Uma outra desvantagem do dreno tipo vala, é a área que ele ocupa. Ele comumente tem um fundo largo, entre 0,30 m a 1,20 m; possui uma secção transversal trapezoidal com taludes de 1/2 para 1 ou 1 para 1 em solos coesivos e, aci

ma de 2 para 1 em solos arenosos. Em áreas irrigadas, a profundidade varia de 1,20 m a 2,40 m. Para evitar que o solo escavado do dreno caia dentro do mesmo, o solo é colocado ao lado em forma de banca, distanciado da bordadura do dreno a uma distância equivalente à metade da largura máxima do dreno. Assim, a área ocupada por um dreno está em torno de 1 hectare por 1.000 metros de dreno. Este tipo de dreno utilizado nas áreas irrigadas, é como dreno principal, pois possui suficiente capacidade para transportar as águas de drenagens superficiais. Ele também pode ser usado como dreno interceptor.

Drenos subterrâneos (tubos de concreto, manilha, etc.):

Consiste, geralmente, de curtas seções de tubos (entre 0,30 a 0,90 m), com as extremidades justapostas, formando uma linha contínua de tubos enterrados. A água do solo penetra para dentro do sistema nos pontos de contato entre dois tubos. Em alguns tipos de solo, o tubo deve ser envolvido em areia grossa a fim de evitar a passagem de partículas de solo nos pontos de contato entre os tubos, para dentro do sistema e, conseqüentemente, o entupimento do mesmo. Os tubos podem ser feitos de argila queimada ou concreto. Em solos ácidos ou alcalinos são usados tubos de argila ou de concreto especial a fim de evitar que eles sofram rápida deteriorização. Como a função da linha principal é conduzir a água coletada pelos laterais, as juntas entre os tubos desta linha podem ser cimentadas ou, então, a linha principal ser construída com tubos de concreto, colados uns aos outros nos pontos de junção. Se alguma parte do sistema fica localizado acima do lençol freático, as juntas, nestes locais, devem ser seladas a fim de evitar vazamentos, e penetração de raízes.

A principal desvantagem deste tipo de dreno é o alto custo inicial. As vantagens correspondem ao baixo custo de manutenção e aproveitamento com cultivos de toda a área.

Drenos Livres (Moles Drains)

São aberturas tubulares feitas no próprio solo, por meio de um cilindro de metal em forma de torpedo. Para obtenção desta abertura tubular no solo, o torpedo funciona juntamente com um subsolador. O torpedo é preso ao subsolador por meio de uma conexão. As aberturas tubulares são relativamente pouco profundas (0,60 m a 0,80 m) e por isto o espaçamento entre estes drenos é muito infe

rior aos das valas ou das linhas de tubos, que são localizados em uma maior profundidade. Estas aberturas tubulares s̄o persistem por algum tempo em solos argilosos. Assim mesmo, elas devem ser refeitas num período entre um a três anos.

Cascalhos, seixos, etc.:

Consiste em colocar estes materiais no fundo de uma vala e depois cobrí-los com solo. Estes tipos de drenos s̄o são efetivos temporariamente. Eles tendem a ser obstruídos com as partículas finas do solo. Geralmente seus usos não são recomendados.

BIBLIOGRAFIA

GRASSI, C.J. & CHRISTIANSEN, J.E. - Manual de Drenagem Agrícola. Merida, Venezuela, CIDIAT. 1969.

GOULART, J.P. - Irrigação e Drenagem, Pelotas-RS, 1971.

LUTHIN, J.N. - Drenaje de Tierras Agricolas - Teoria y Aplicaciones. México, Ed LIMUSA - Wiley, 1976.

PEÑA, ILDEFONSO DE LA. - Principios y Solucion de Dranaje Parcelario, Boletin Tecnico Nº 9, Mexico, 1979.

_____ Irrigação - Princípios e Práticas Universidade da California, DAVIS, CAL. USA - Trechos traduzidos por Octávio Pessoa Aragão.