



NECESSIDADE DE DRENAGEM EM SOLOS CULTIVADOS COM O COQUEIRO (Cocos nucifera L.)





NECESSIDADE DE DRENAGEM EM SOLOS CULTIVADOS COM O COQUEIRO (Cocos nucifera L.)



Aurelir Nobre Barreto
Gilvan Rodrigues de Oliveira
Luís Carlos Nogueira

Copyright © EMBRAPA - 2000
Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos nº 19

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju-SE
Tel.: (0**79) 217-1300 - Fax (0**79) 217-6145

Chefe Geral
Lafayette Franco Sobral

Chefe Adjunto de Pesquisa & Desenvolvimento
Amaury Apolonio de Oliveira

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios
Joana Maria Santos Ferreira

Chefe Adjunto de Administração
Jorge do Prado Sobral

Diagramação
Aparecida de Oliveira Santana

Revisão textual
David Soares Pinto

Tiragem: 300 exemplares

BARRETO, A.N.; OLIVEIRA, G.R. de; NOGUEIRA, L.C.
Necessidade de drenagem em solos cultivados com
o coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Aracaju: Embrapa
Tabuleiros Costeiros, 2000. 18p. (Embrapa Tabu-
leiros Costeiros. Documentos, 19).

Drenagem. Irrigação. Coqueiro.

CDD: 634.61

ÍNDICE

<i>1. Introdução</i>	<i>5</i>
<i>2. Conceitos e definições</i>	<i>6</i>
<i>3. Regimes de fluxo da água no solo</i>	<i>7</i>
<i>3.1 Regime permanente</i>	<i>11</i>
<i>3.2 Regime variável</i>	<i>13</i>
<i>4. Critérios de drenagem</i>	<i>15</i>
<i>5. Efeitos da saturação hídrica do solo sobre o coqueiro</i>	<i>16</i>
<i>6. Referências bibliográficas</i>	<i>18</i>

NECESSIDADE DE DRENAGEM EM SOLOS CULTIVADOS COM O COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.)

Aurelir Nobre Barreto¹

Gilvan Rodrigues de Oliveira²

Luís Carlos Nogueira¹

1. Introdução

A anoxia ou falta de oxigenação na zona radicular impede a troca gasosa no espaço poroso do solo com consequências indesejáveis sobre todo o metabolismo fisiológico do coqueiro. Segundo Millar (1988), a mobilidade do elemento oxigênio até as raízes se produz tanto na fase gasosa como na fase líquida do solo. A difusão no espaço poroso quando livre de saturação é 1.000 a 10.000 vezes maior que na fase líquida.

O excesso de água no solo torna-se um problema quando ele interfere na área cultivada, na preparação da terra, no desenvolvimento e crescimento da planta e nas operações de colheita (Shilfgaarde, 1974). A maior parte do excesso de água é removida naturalmente por escoamento superficial, drenagem natural, evaporação e transpiração; porém esses processos são freqüentemente lentos e insuficientes, em certos casos, para evitar danos à cultura explorada. O objetivo final das operações de drenagem é melhorar as condições do solo, visando aumentar o rendimento agrícola (Wesseling & Wick, 1955) e, em circunstâncias especiais, aumentar o valor comercial da área drenada.

¹ Eng.-Agrôn., M.Sc. em Engenharia de Irrigação e Drenagem, Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44, CEP 49001-970, Aracaju, SE. E-mail: aurelir@cpatc.embrapa.br

² Eng. Civil, M.Sc., especialista em Drenagem, UFPB.

Através da drenagem é possível reduzir o conteúdo de água nas camadas superiores do solo, o que comumente se dá por meio do rebaixamento do lençol freático. O resultado disto é a penetração mais fácil das raízes das plantas e a melhor difusão do bióxido de carbono produzido pelas raízes, por outros mecanismos ou por reações químicas do solo. Todos os processos de difusão - entrada de oxigênio e saída de bióxido de carbono do solo - são de fundamental importância para o desenvolvimento e crescimento das plantas e para a manutenção do solo em condições adequadas aos processos metabólicos nos fitossistemas.

O teor de umidade no perfil de solo não pode ser controlado através do manejo da irrigação em si, mas, com maior eficácia, pela drenabilidade do espaço poroso. Valdivieso Salazar (1988) recomenda medidas de drenagem artificial para melhoria do regime de umidade no perfil em solos com drenabilidade impedida.

A sustentabilidade de um agrossistema deve ser meta prioritária no contexto global do planejamento e operação de um projeto de irrigação. Sob a ótica da biofísica, entende-se que o solo é um meio poroso composto pelas fases sólida, líquida e gasosa, habitado por raízes das plantas, pela fauna e por populações microbianas. O espaço poroso pode estar ocupado total ou parcialmente por água. No primeiro caso chama-se saturação, formando o lençol freático, e quando a porosidade é ocupada por água, a parte líquida denomina-se umidade do solo.

Segundo Fremont et al. (1969), em condições de saturação do solo o sistema radicular do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) pode produzir pequenos órgãos denominados *pneumatóforos*, cuja função é assegurar as trocas gasosas com a atmosfera do solo. No entanto, esse meio fisiológico de defesa é limitado ao tempo de saturação hídrico do solo.

A palavra drenagem pode ter vários significados, mas, quando se usa o ato de drenar a terra agrícola, a tarefa básica é o controle do regime de umidade, usando-se procedimentos de engenharia de modo que o excesso da água no solo seja extraído para fora da zona-problema (Luthin, 1974).

Do ponto de vista da engenharia, drenagem é o controle que se exerce sobre a altura do lençol freático, com o objetivo de proporcionar umidade adequada e ótima aeração para o desenvolvimento radicular das culturas (Millar, 1988).

3. Regimes de fluxo da água no solo

O entendimento da hidrodinâmica no solo representa um ponto de partida essencial para a análise e compreensão dos distintos processos que ocorrem na tecnologia de irrigação e drenagem (Malano, 1985). É necessário conhecer alguns parâmetros do solo, tais como condutividade hidráulica saturada (K_0), descarga normativa (R) ou coeficiente de descarga (C_d) e porosidade drenável (μ), além das características dos cultivos e das condições climáticas, para que a drenagem seja efetivada.

A porosidade drenável ou macroporosidade é o espaço poroso que drena ou se enche quando o nível freático desce ou sobe, respectivamente. Portanto, as respostas de variação às recargas por ineficiência de irrigação ou através de outras contribuições ao aquífero são pequenas quando os valores de m são elevados, e grandes quando estes valores são pequenos, como no caso dos solos de textura fina. A oscilação temporal do lençol freático, em função das recargas instantâneas (R_i) e da porosidade drenável do solo pode ser estimada por meio da Equação 1.

$$\Delta h = \frac{R_i}{\mu} \times 100$$

Equação 1

Onde:

Δh = elevação ou rebaixamento do lençol freático (mm);

R_i = recarga instantânea por contribuição ao aquífero freático (mm);

μ = porosidade drenável (%).

A Tabela 1 indica a ordem de magnitude e os valores médios usuais de μ para diferentes materiais de solo.

Tabela 1.

Variação da porosidade drenável em função da textura do solo

Tipo de material	μ (%)	
	Límite	Média
Argila	0 - 15	2
Silte	3 - 19	8
Argilo-arenoso	3 - 12	7
Areia fina	10 - 32	21
Areia média	15 - 32	26
Areia grossa	20 - 35	27

Fonte: Pizarro (1978).

Quando se trata de irrigação e drenagem, os parâmetros de solo e água devem ser bem estudados, principalmente no que se refere ao estado de umidade do solo, pois assim como as plantas não aquáticas perecem por deficiência de água, também perecem pelo efeito da saturação hídrica do solo na zona radicular.

Em áreas irrigadas, a profundidade da superfície freática pode determinar a vida útil do ecossistema e a rentabilidade dos cultivos. Monitorar suas oscilações significa dispor de um diagnóstico seguro da necessidade de drenagem de um sistema hidroagrícola. A instalação de uma rede de poços permanentes de observação é essencial para o monitoramento da variação temporal e espacial, em profundidade e em extensão da altura do lençol freático. Nesse contexto, o agricultor pode empregar em sua unidade de produção as tecnologias disponíveis em diferentes níveis de adoção.

Para o cálculo do espaçamento (L) entre os drenos, são utilizadas expressões matemáticas deduzidas das condições do movimento da água em direção ao sistema drenante, considerando-se distintas formas geométricas das linhas de fluxo.

Com base no conceito de fluxo tridimensional, Dupuit, segundo Martinez Beltrán (1986) desenvolveu uma teoria simplificada, válida principalmente para situações em que a camada impermeável se encontra distante da região de instalação do dreno (Figura 1). No caso do fluxo através de aquíferos freáticos extensos, nos quais a influência horizontal é muito maior do que a vertical, acentuam-se as diferenças entre os fluxos vertical (V), o horizontal (H) e o radial (R) nas proximidades dos drenos (Oosterbaan, 1992).

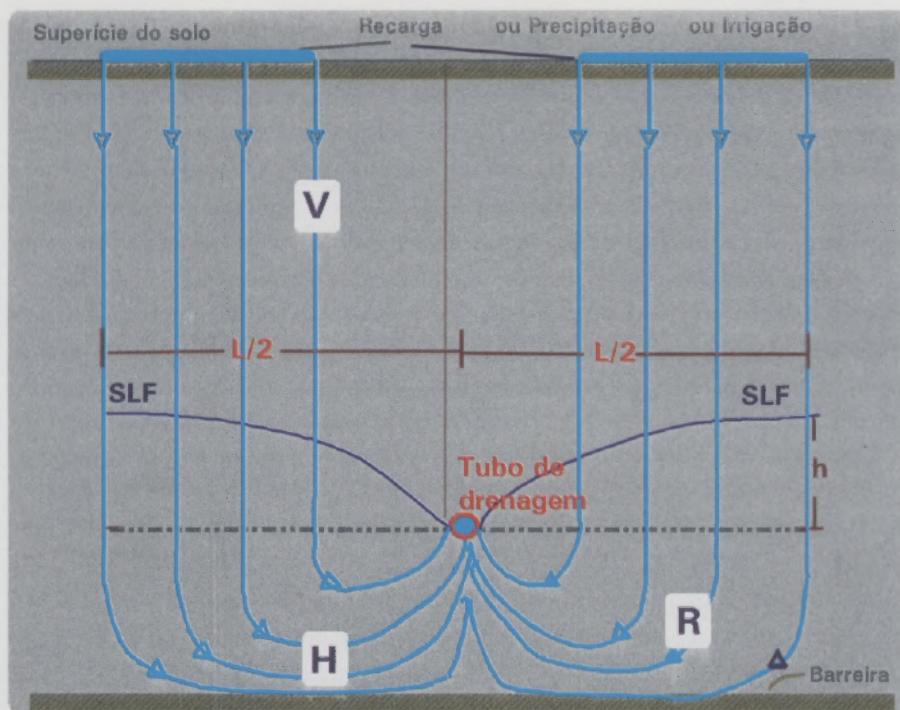


Figura 1

Ilustração das linhas de fluxos vertical (V), radial (R) e horizontal (H), a partir da superfície do solo (SS) onde ocorre recarga (R), precipitação (P) ou irrigação (I) e o efeito do domínio hidrológico do sistema drenante (tubo) na superfície do lençol freático (SLF) em função de uma carga hidráulica (h) e uma distância $L/2$. (Barreto & Oliveira, 1999).

Nos sistemas de drenagem em linhas horizontais paralelas, a situação do fluxo é tal como o exposto na Figura 1, sendo válida tanto para o caso de tubos como para o de valetas a céu aberto. Quando o estrato impermeável (barreira) está profundo, a dominância do fluxo radial é evidente. Quando o estrato impermeável está muito próximo da linha drenante, há um domínio de fluxo vertical e horizontal.

3.1 Regime permanente

É caracterizado por um equilíbrio no balanço de água na zona saturada, a uma profundidade (i) da superfície do solo (SS), tendo-se uma recarga (R) igual ao coeficiente de descarga (C_d). Nesse caso, a posição do nível freático não muda, enquanto a carga hidráulica (h) é função exclusiva da distância (L) entre os drenos (Figura 2). Esta situação ocorre no caso de regiões de regime pluviométrico caracterizado pela regularidade das precipitações e por sua baixa intensidade ou, ainda, devido às contribuições constantes de um aquífero permanente. A Equação 2 é bastante utilizada para o cálculo do espaçamento entre linhas de drenagem para a condição de fluxo permanente:

$$L_2 = \frac{4 K h^2 + 8 K d h}{C_d}$$

Equação 2

Onde:

L = espaçamento entre drenos (m);

K = condutividade hidráulica saturada (m/dia);

h = carga hidráulica máxima entre os drenos (m);

d = espessura da camada equivalente devido à influência radial (m);

C_d = coeficiente de descarga (mm/dia).

A espessura 'd' depende, principalmente, da distância dos drenos à barreira. Segundo Luthin (1974), a equação 3 pode ser usada para estimá-la.

$$d = \frac{D_o}{2,55 \frac{D_o}{L} \left[\ln \frac{D_o}{P} \right] + 1}$$

Equação 3

Onde:

D_o das Figuras 2 e 3 = distância dos drenos à barreira (m);

L = espaçamento entre os drenos (m);

$\ln$ = log natural (adimensional);

P = perímetro molhado (m).

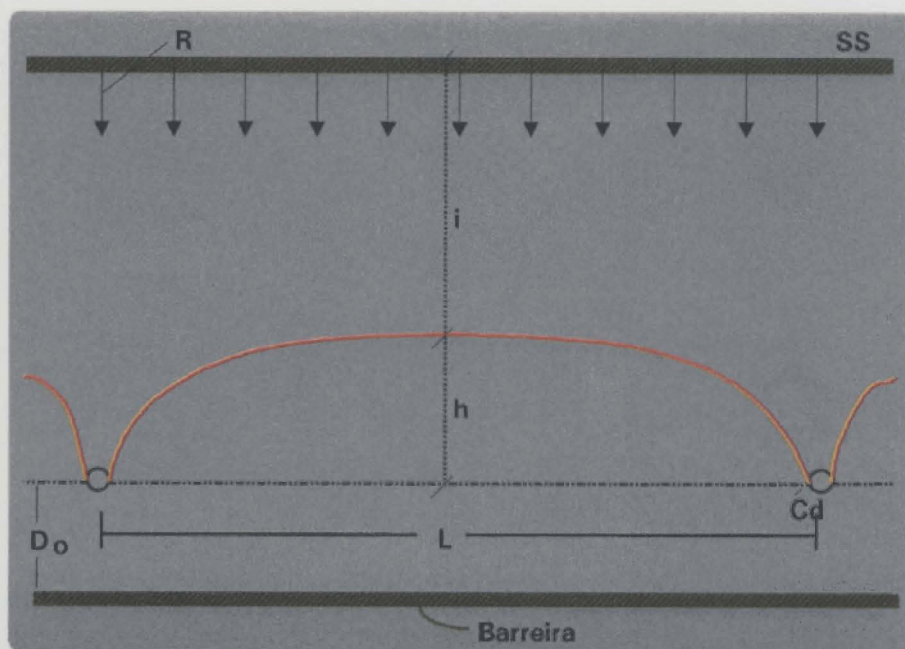


Figura 2.

Ilustração do sistema drenante, segundo a teoria de Hooghoudt para regime de fluxo permanente.

3.2 Regime variável

Este se caracteriza pelas recargas instantâneas (R_i), causando diferenças no balanço hidrológico subsuperficial, com flutuações no nível freático (Figura 3). As cargas hidráulicas h_o e h_t são funções da distância (L) entre drenos e do tempo. Esta situação ocorre em zonas sob regime de irrigação (I_{rr}) em que a recarga proveniente das perdas de água é instantânea e descontínua no tempo, ou em regiões com chuvas (P) de grande intensidade e de curta duração. No regime de fluxo variável, considera-se, para efeito de cálculo, que a recarga instantânea (R_i) devido às perdas por percolação, que ocupa a macroporosidade do solo, deve ser completamente drenada antes do próximo evento de irrigação e que a flutuação do nível freático (Dh) é função da porosidade drenável (μ), devendo atingir apenas o seu nível máximo permissível, mantendo, assim, o equilíbrio dinâmico no hidrograma de fluxo subsuperficial em um sistema de drenagem. A Equação 4, desenvolvida por Glover-Dumm, tem sido bastante utilizada para o cálculo do domínio hidrológico entre duas linhas de drenagem para a condição ou regime de fluxo variável.

$$L^2 = \frac{\pi^2 K (d + h_o/2) \cdot t}{\mu \ln \left(\frac{1,16 h_o}{h_t} \right)}$$

Equação 4

Onde:

h_o = carga hidráulica antes do rebaixamento = altura crítica (m);

h_t = carga hidráulica após o rebaixamento final (m);

t = tempo exigido para o alívio da zona saturada = turno de rega (dia);

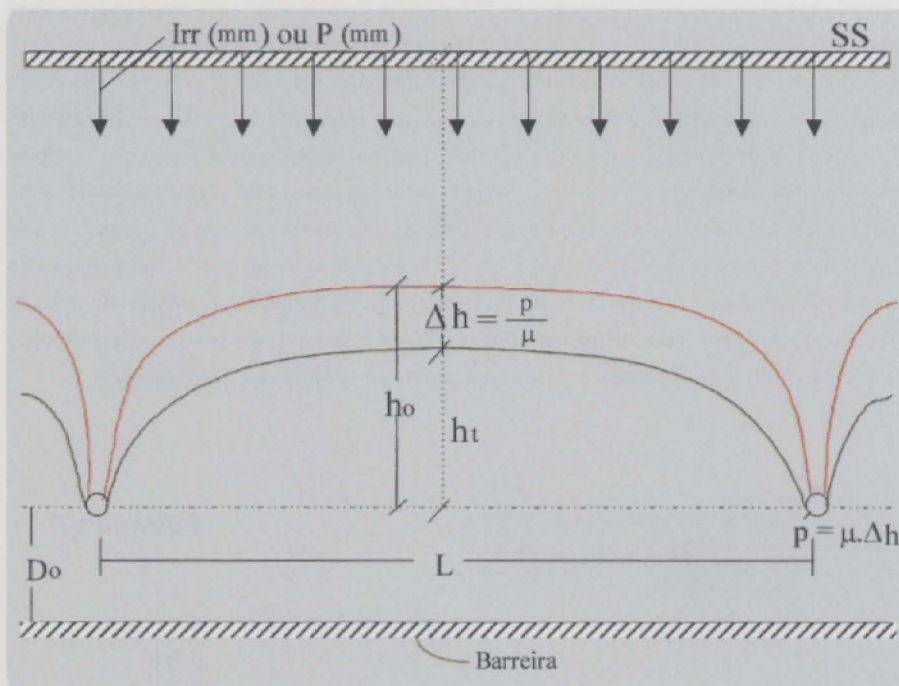
μ = porosidade drenável (%);

$\ln$ = logaritmo neperiano (adimensional);

π = 3,14 (adimensional);

K = condutividade hidráulica (m/dia);

d = espessura equivalente (m).



Adaptado de Martínez Beltrán (1986).

Figura 3.

Geometria do sistema drenante, segundo a teoria de Glover- Dumm para regime de fluxo variável.

Processo de recarga e descarga para decisão do critério de drenagem.

5. Efeitos da saturação hídrica do solo sobre o coqueiro

A saturação hídrica do solo na zona radicular do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) pode causar redução no número de raízes. Efeito semelhante é causado, também, pela inundação da superfície do solo na forma de detenção superficial, resultante de precipitações pluviométricas intensas e da ausência da fase de deflúvio.

Encharcamento na superfície do solo com tempo de saturação inferior a 48 horas não causa danos às raízes. A partir de períodos maiores sob estado de saturação pode ocorrer morte de raízes. No entanto, cessadas as condições de encharcamento, o sistema radicular pode brotar novamente e continuar seu crescimento (Ohler, 1984).

O coqueiro pode tolerar os efeitos da saturação do solo durante 7 dias. Mas, de acordo com Mahindapala & Pinto (1991), é importante a drenagem de áreas propensas a encharcamentos.

Segundo Yusuf e Varadan (1993), dentre os efeitos danosos da saturação hídrica do solo sobre o coqueiro citam-se a redução do suprimento de N, P, K, Ca e Mg, o mau funcionamento das raízes, a formação de compostos tóxicos, aumento da solubilidade de íons metálicos tóxicos, a morte de raízes e até mesmo o aumento da susceptibilidade a infecções pelo fungo *Phytophthora*, que resulta na queda de frutos imaturos.

Costa & Rocha (1986) avaliaram o comportamento do lençol freático ao longo do ano em coqueiral cultivado no norte do Estado de Sergipe em solo arenoso, encontrando desde uma condição de saturação, no mês de julho, até 4,05m a 3,20m de profundidade, em fevereiro, com relação à superfície do solo. Essa flutuação do lençol freático demonstra a importância das práticas de irrigação e drenagem em locais onde a superfície freática atinge a profundidade efetiva das raízes em algumas épocas do ano.

Em alguns casos, as raízes podem se desenvolver acima do solo, mesmo em partes altas do caule, principalmente em condições de alta umidade relativa do ar, lençol freático elevado ou ainda em ferimentos no caule da planta. Quando essas raízes aéreas são cobertas com solo, elas brotam e desenvolvem raízes secundárias e radículas (Ohler, 1984).

A figura 5 mostra, em perfil real, a tendência de distribuição do sistema radicular do coqueiro e, em perfil teórico, uma possível situação de lençol freático presente a uma profundidade $\geq 1,5\text{m}$ em relação à superfície do solo, mostrando ainda a capilaridade ascendente e a variação Δh na zona saturada e camada impermeável ou de impedimento do fluxo de água.

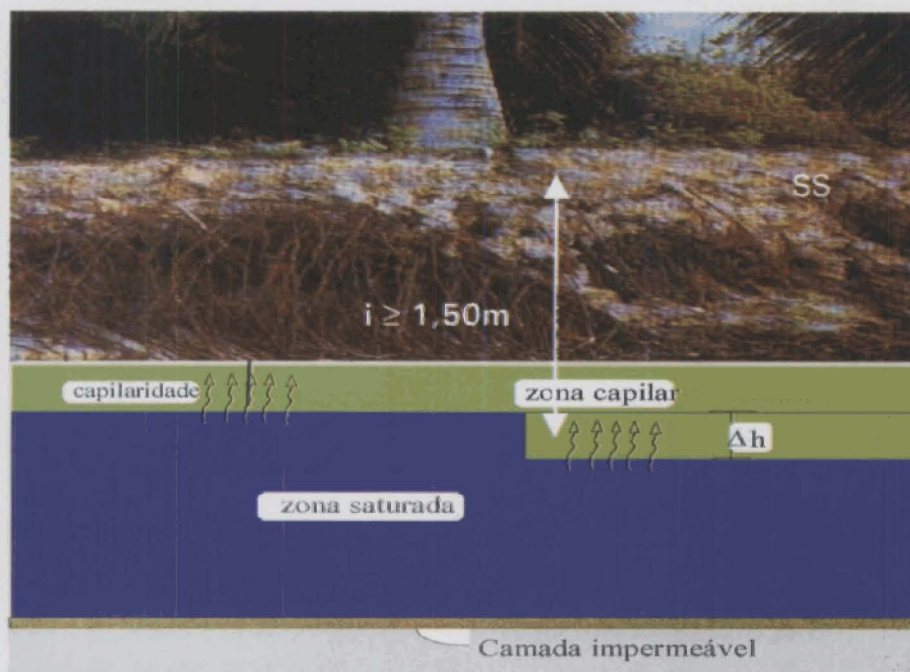
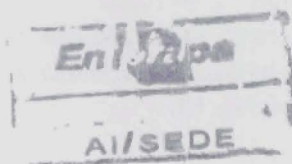


Figura 5.

Aspectos da distribuição do sistema radicular do coqueiro no perfil de solo e teoria da formação e oscilação do lençol freático, em função das características do fluxo de água na presença de camada impermeável e ausência de drenagem artificial.



6. Referências bibliográficas

- BARRETO, A.N.; OLIVEIRA, G.R. de. Importância da drenagem agrícola. In: BELTRÃO, N.E. de M., org. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.
- COSTA, R. G.; ROCHA, A. F. da. Avaliação do lençol freático em duas áreas exploradas com a cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Aracaju: Embrapa-CNPCo, 1986. 8p. (Embrapa-CNPCo. Pesquisa em Andamento, 36).
- FREMOND, Y.; ZILLER, R.; NUCE de LAMOTHE, M. El cocotero. Barcelo: Blume, 1969. 236p. (Colección Agricultura). Série editada por René Coste.
- LUTHIN, J.N. Drenaje de tierras agrícolas: teoría y aplicaciones. México: Limusa, 1974. 684p.
- MAHINDAPALA, R.; PINTO, J.L.J.G. Coconut cultivation. Lunuwila: Coconut Research Institute, 1991. 162p.
- MALANO, H.M. Teoria y practica del drenaje. Logan: Utah State University, 1985.
- MILLAR, A.A. Drenagem de terras agrícolas: bases agrônômicas. São Paulo: Editora, 1988. 360 p.
- MARTINEZ BELTRÁN, J. Drenaje agrícola: Madrid; Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1986. v.1.
- OHLEH, J.G. Coconut, tree of life. Rome: FAO, 1984. 446p. (FAO. Plant Production and Protection Paper, 57).
- OSTERTBAAN, R.J. Groundwater flow to drains or wells and their spacing equations. Campina Grande, UFPB, 1992, 85p. (Apostila Técnica do 4º Curso Internacional de Drenagem de Terras Agrícolas).
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos y sódicos. Madrid: Agrícola Española, 1978. 521p.
- SHILFGAARDE, J. van Drainage for agriculture. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1974. (Agronomy Series 17).
- WESSELING, J. & Wick, W.R. van. Optimal depth of drainage. The Netherlands, Jour. Agri. Science, v.3, p.106-119, 1955.
- YUSUF, M.; VARADAN, K.M. Water management studies on coconut in India. In: NAIR, M.K.; KHAN, H.H.; GOPALASUNDARAM, P.; BHASKARA RAO, E.V.V., eds. Advances in coconut research and development. New Delhi: IBH Publishing, 1993. p.337-346.
- VALDIVIESO SALAZAR, C.R. Drenagem agrícola: relação na produção e procedimentos de diagnóstico. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1988. 36p. (Embrapa-CPATSA. Documentos, 53).



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária
dos Tabuleiros Costeiros*

*Ministério da Agricultura e do Abastecimento
Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44
CEP 49001-970, Aracaju, SE*

*Fone (0**79) 217-1300 Fax (0**79) 217-6145*

**MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E DO
ABASTECIMENTO**


**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil