



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

Tecnologias para Produção em Solos Arenosos de Tabuleiros Costeiros do Meio-Norte

Organização de:
Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza
Eugênio Ferreira Coelho

Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2000

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5650

Telefone: (86) 225-1141

Fax: (86) 225-1142. E-mail: publ@cpamn.embrapa.br.

Caixa Postal 01

CEP 64006-220 Teresina, PI

Tiragem: 1.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza - Presidente

Eliana Candeira Valois - Secretária

José de Arimatéia Duarte de Freitas

Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara

José Alcimar Leal

Francisco de Brito Melo

Tratamento Editorial:

Lígia Maria Rolim Bandeira

Revisor:

Francisco David da Silva

Diagramação Eletrônica:

Erlândio Santos de Resende

Valdomiro Aurélio Barbosa de Souza; Eugênio Ferreira Coelho (org.)
Tecnologias para produção em solos arenosos de tabuleiros costeiros do
Meio-Norte. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 550 p.il.

ISBN 85-88388-08-1

1. Clima; Solos; Irrigação; Manejo de Culturas Irrigadas, Amendoim, Cará,
Cebola, Laranja, Mandioca, Manga, Melancia, Melão, Milho, Tomate e
Uva.

CDD: 631.4

© Embrapa 2000

CAPÍTULO III

IRRIGAÇÃO

Eugênio Ferreira Coelho¹

Valdemício Ferreira de Sousa²

Braz Henrique Nunes Rodrigues³

Marco Antônio Fonseca Conceição⁴

1. Introdução

A região dos tabuleiros costeiros do Piauí apresenta uma distribuição anual de chuvas, com períodos chuvosos e de estiagem bem caracterizados, exigindo a utilização da irrigação como recurso tecnológico na exploração agrícola racional dessas áreas. Há um conceito generalizado de que solos com altas percentagens de areia em sua composição granulométrica são mais difíceis de ser trabalhados em agricultura irrigada, devido à baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes. Entretanto, existem tecnologias que minimizam tais limitações agrícolas, tornando técnica e economicamente viável o aproveitamento desses solos.

Com exceção dos métodos de irrigação por gravidade (sulco, faixa, inundação), os métodos pressurizados, aspersão e localizada, são amplamente usados no ecossistema tabuleiros costeiros. A reduzida faixa de água disponível e a baixa retenção

¹ Embrapa Mandioca e Fruticultura, Caixa Postal 07, CEP: 44380-000, Cruz das Almas, BA

² Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal 01, CEP: 64006-220, Teresina, PI

³ Embrapa Meio-Norte/UEP-Parnaíba, Caixa Postal 341, CEP: 64202-970

⁴ Embrapa Uva e Vinho, CEP: 15700-000, Jales, SP

de água dos solos desse ecossistema induzem o uso de métodos de irrigação de alta frequência que minimizem as perdas por percolação. Outro fator a ser considerado é o clima, que apresenta velocidades do vento elevadas. Essas velocidades atingem média superior a $4,3 \text{ m.s}^{-1}$ na região dos tabuleiros costeiros do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (Vieira Filho, 1975; Carmo Filho et al., 1987; Silva et al., 1990) e representam um sério empecilho no uso de sistemas de irrigação por aspersão.

Quanto ao aspecto ambiental, principalmente no que diz respeito à degradação do solo e à poluição dos mananciais freáticos e subterrâneos, sistemas caracterizados por alta intensidade de aplicação, tais como os tubos perfurados, acarretam problemas de erosão laminar, empoçamento e perdas de água e nutrientes por drenagem profunda. Sistemas de aspersão de alta pressão, que usam canhão, também acarretam problemas de degradação do solo (erosão laminar), principalmente pelo impacto das gotas d'água com o solo e a intensidade de precipitação.

Dentre os parâmetros de avaliação da eficiência de um sistema de irrigação, a uniformidade de distribuição da água é um dos mais importantes, considerando-se que as variações significativas desse parâmetro podem ter reflexos danosos às culturas instaladas, quer seja no acúmulo sistemático do deficit hídrico, quer seja através da lixiviação de nutrientes e da erosão provocadas pelo excesso de água aplicado. Isso se agrava ainda mais quando se utiliza a aplicação simultânea da água e de fertilizantes através da fertirrigação.

Sistemas de aspersão convencional podem ser usados com obtenção de eficiências de irrigação aceitáveis, mesmo em condições de velocidade do vento acima de $4,0 \text{ m.s}^{-1}$. Sistemas do tipo pivô central têm razoável aceitação pela baixa exigência de mão-de-obra e maior frequência de irrigação, além de possibilitar a aplicação de fertilizantes e defensivos via água de irrigação. Esses sistemas, quando bem dimensionados e manejados, podem ser utilizados com vantagens em áreas ocupadas com culturas de alto valor econômico e próximas dos grandes mercados consumidores.

O método da irrigação localizada apresenta eficiência mais alta e permite a aplicação localizada de adubos e produtos químicos diretamente na zona ativa do sistema radicular da planta, reduzindo o risco de poluição dos lençóis freáticos ou subterrâneos. Esse método é o que mais se adequa às condições dos solos dos tabuleiros costeiros e vem sendo amplamente usado para fruteiras e hortaliças de maior valor econômico.

Este capítulo tem por objetivo discorrer sobre os principais métodos e sistemas de irrigação possíveis de serem utilizados em solos arenosos dos tabuleiros costeiros do Piauí. Objetiva, também, levar ao conhecimento do leitor resultados de pesquisas conduzidas nesses solos pela Embrapa Meio-Norte/UEP-Parnaíba.

2. Aspersão Convencional

O manejo de um sistema de irrigação por aspersão no campo pode ser adaptado às condições de maior velocidade do vento, desde que sejam verificadas opções quanto a possíveis modificações na pressão de serviço dos aspersores, no diâmetro dos bocais, na altura da haste, no ângulo dos bocais, na velocidade de rotação dos aspersores, nos espaçamentos entre aspersores e entre linhas laterais e no alinhamento das linhas laterais e dos aspersores com a vertical.

Os espaçamentos entre aspersores e entre linhas laterais devem ser reduzidos para aumentar a uniformidade de distribuição da água. Em condições adversas de velocidade do vento, a superfície coberta pelo aspersor apresenta aproximadamente a forma elíptica, sendo mais lógica a adoção da disposição retangular dos aspersores em vez da quadrada (Raposo, 1980; Seginer, 1987).

Testes usando-se aspersores com ângulo de jato de 30° foram realizados na Embrapa Meio-Norte/UEP-Parnaíba por Coelho et al. (1992), objetivando avaliar a uniformidade de distribuição dos aspersores de média pressão sob diferentes condições de vento. Houve, em geral, uma tendência de redução do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) com o aumento da velocidade do vento, tendo-se observado que a taxa de redução

foi mais acentuada à medida que se aumentaram os espaçamentos entre aspersores e entre linhas laterais.

Aspersores de diâmetro de bocais 4,5 x 5,5 mm e 5,0 x 6,5 mm, sob altura da haste de 1,0 m, podem ser usados sob pressões de serviço de 250 kPa e 300 kPa para velocidades do vento entre 2,0 e 6,0 m.s⁻¹ e espaçamentos não maiores que 12,0 x 12,0 m, garantindo-se valores do CUC iguais ou acima de 75% (Tabela 1). O espaçamento 12,0 x 18,0 m só é aconselhável para velocidades do vento de até 4,0 m.s⁻¹ para obter-se CUC superior a 75%.

Aspersores de diâmetro de bocais 5,0 x 6,5 mm podem ser usados no espaçamento 12,0 x 12,0 m sob pressões de serviço de 250, 350 e 400 kPa. Considerando a haste de 2,0 m (Tabela 2), o uso do espaçamento 12,0 x 18,0 m é recomendado no caso de pressões de serviço entre 350 e 400 kPa (CUC ≥ 75%). Os espaçamentos 12,0 x 12,0 m e 12,0 x 18,0 m são também recomendáveis, considerando-se intensidades de precipitação permissíveis de até 30 mm.h⁻¹ para o tipo de solo em questão (Raposo, 1980).

O aspersor com diâmetro de bocais 6,0 x 8,5 mm é o que apresenta melhores resultados em relação aos outros bocais, independentemente da altura da haste, da pressão de serviço e da velocidade do vento para espaçamentos simulados de até 18,0 x 18,0 m (Tabelas 1 e 2).

Os maiores valores do CUC ocorreram para as maiores pressões de serviço, principalmente quando sob velocidade de vento mais elevada. Isso foi devido ao fato de que o aumento do grau de pulverização para um determinado bocal, consequência do aumento de pressão, teve efeito inferior ao do aumento do raio de alcance do aspersor e das sobreposições dos jatos (Coelho et al., 1992).

Tabela 1. Espaçamentos máximos simulados entre aspersores (Ea) e linhas laterais (EL) em um sistema de aspersão convencional, com coeficientes de uniformidade de Christiansen iguais ou superiores a 75% e altura do aspersor de 1,0 m.

Velocidade do vento (m.s ⁻¹).	Diâmetro dos bocais (mm)									
	4,5 x 5,5					5,0 x 6,5				
	200	250	300	350	400	250	350	400	300	350
2 a 3	12x12	12x18	12x18	12x18	18x18	12x18	12x18	18x18	24x24	24x24
3 a 4	12x12	12x18	12x18	6x12	12x18	12x12	12x12	12x18	18x24	18x18
4 a 5	12x12	12x12	12x12	6x12	12x12	12x12	12x12	12x12	18x18	18x18
5 a 6	12x12	12x12	12x12	6x12	12x12	12x12	12x12	12x12	18x18	18x18
6 a 7	12x12	12x12	12x12	12x12	12x12	12x12	12x12	12x12	18x18	18x18

Tabela 2. Espaçamentos máximos simulados entre aspersores (Ea) e linhas laterais (EL) em um sistema de aspersão convencional, com coeficientes de uniformidade de Christiansen iguais ou superiores a 75% e altura do aspersor de 2,0 m.

Velocidade do vento (m.s ⁻¹)	Diâmetro dos bocais (mm)								
	4,5 x 5,5		5,0 x 6,5		6,0 x 8,5				
	Pressão do serviço (KPa)								
	200	250	300	250	350	400	300	350	450
2 a 3		18x18		18x18	18x18	18x18	24x24	18x24	24x24
3 x 4	12x12	18x18	6x18	18x18	18x18	12x18	18x24	18x18	18x18
4 a 5	12x12	12x18	12x18	12x18	12x18	12x18	18x18	18x18	18x18
5 a 6		12x12	12x18	12x12	12x18	12x18	18x18	18x18	18x18
6 a 7		12x12	12x18	12x12	12x18	12x18	18x18	18x18	18x18

3. Tubos Perfurados

A aspersão por tubos perfurados consiste na aplicação de água por meio de pequenos orifícios feitos na própria tubulação. Devido à pressão da água, o jato chega a atingir alturas superiores a 2,0 m, com raio de alcance de 6,0 a 10,0 m. Na Embrapa Meio-Norte/UEP-Parnaíba testaram-se orifícios feitos com brocas de 1,6; 2,4 e 3,2 mm em tubulações portáteis de PVC de 50 mm de diâmetro (Conceição, 1992), conforme arranjo apresentado na Figura 1. A pressão de serviço variou de 50 a 150 kPa e os espaçamentos entre linhas de irrigação foram 6,0; 12,0 e 18,0 m. As linhas foram posicionadas perpendicularmente à direção predominante do vento.

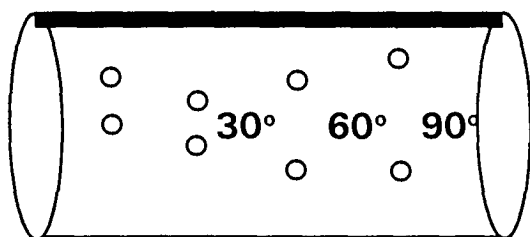


Figura 1. Vista superior de um trecho do tubo perfurado.

Conseguiu-se a melhor combinação com o orifício de 1,6 mm de diâmetro, operando com 10,0 mca de pressão e espaçamento entre linhas de 12,0 m. Essa combinação resultou em um coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 74% e intensidade de aplicação média de 27,0 mm.h⁻¹. As demais combinações apresentaram coeficientes de uniformidade menores e/ou intensidades de aplicação muito altas.

As principais vantagens observadas do sistema foram:

- a) O custo inicial é menor que o da aspersão convencional portátil, por não haver necessidade de aspersores;
- b) O sistema opera com baixas pressões de serviço;

em que foram testadas, isto é, com ventos de intensidade acima de $4,0 \text{ m.s}^{-1}$;

- d) Não há entupimento dos orifícios, o que dispensa o uso de filtros.

Dentre as principais desvantagens, destacam-se:

- a) A alta intensidade de aplicação acarreta problemas de erosão laminar e perdas de água e nutrientes por drenagem profunda. Os problemas de erosão e empoçamento da água podem ocorrer mesmo em solos arenosos, devido ao encrostamento superficial e ao fato de que em partes do terreno a precipitação pode chegar a valores maiores que 50 mm.h^{-1} . A percolação profunda de água e nutrientes ocorre por serem os solos arenosos permeáveis e de baixa capacidade de retenção de água;
- b) Desgaste dos orifícios com o tempo devido à abrasividade do jato d'água. Com isso, a intensidade de aplicação tende a aumentar e a uniformidade, a reduzir-se com o tempo;
- c) O uso de vazões maiores requer tubulações de maior diâmetro e aumento na potência de bombeamento, o que reduz suas vantagens econômicas;
- d) O sistema é bastante afetado pelo vento, tanto pela velocidade quanto pela direção.

Com base nessas considerações, o sistema de irrigação de aspersão por tubos perfurados não é recomendado para grandes áreas, com cultivos comerciais nas condições dos tabuleiros costeiros do Piauí, podendo ser utilizado, contudo, em pequenas hortas, viveiros ou pomares domésticos.

4. Pivô Central

O pivô central se apresenta como mais um sistema de irrigação que deve ter a sua utilização criteriosamente analisada e avaliada no momento da decisão do método a ser escolhido,

em função de suas vantagens e desvantagens comparativas.

Nesse sistema, a uniformidade de distribuição da água é influenciada pelo tipo de perfil de distribuição dos aspersores, espaçamento dos aspersores, relação entre pressão e diâmetro do bocal, intensidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar, interferindo os dois últimos nas perdas por evaporação (Beale & Howel, 1996; Hermann & Hein, 1968).

Nas condições específicas dos tabuleiros costeiros do norte do Piauí, a distribuição dos ventos se torna, em princípio, um fator desfavorável à uniformidade de distribuição de água através da utilização do pivô central. No entanto, é importante salientar que essa condição não se deve caracterizar como um fator que inviabilize a prática da irrigação por pivô central naquela região. A sua utilização, quando necessária, deve ser precedida de algumas definições referentes ao manejo e à engenharia do equipamento, de forma a minimizar os efeitos das condições desfavoráveis. Deve-se considerar ainda que, para a menor capacidade de retenção de água dos solos arenosos, é vantajoso o regime de baixa aplicação e alta frequência, característico do sistema pivô central.

Para se fazer um planejamento racional do manejo da irrigação via pivô central, torna-se imprescindível o conhecimento real da distribuição da água aplicada e das características de operação do equipamento. A aceitação e utilização dos valores nominais de projeto, sem uma prévia verificação por meio de teste de campo, implicam a imprecisão das lâminas aplicadas.

Em avaliações efetuadas em um pivô central operando nas condições dos tabuleiros costeiros do Piauí, Rodrigues et al. (1992) determinaram a uniformidade de distribuição de água e a correlacionaram com alguns parâmetros de clima e engenharia do sistema. O equipamento avaliado foi um pivô central de baixa pressão dotado de emissores do tipo "spray", com placa difusora estriada convexa e reguladores de pressão. As avaliações permitiram, para as condições do experimento, comparações entre o funcionamento do equipamento com os aspersores instalados no topo da linha lateral e, posteriormente, conectados à extremidade de um tubo de descida.

A utilização de equipamento de pivô central dotado de emissores de baixa pressão, os quais podem operar a pressões de 150 kPa ou menos, permite a redução de até 40% na energia utilizada, quando comparados com pivôs de alta pressão, equipados com aspersores convencionais de impacto (Ames & Blair, 1984; Gilley et al., 1983).

Quando se utilizaram tubos de descida, as lâminas médias coletadas foram superiores às lâminas requeridas pelo sistema, devido à menor área molhada provocada pelos emissores do tipo "spray". O rebaixamento dos aspersores com a utilização dos tubos de descida reduz a sua área de abrangência e eleva sua taxa média de aplicação. Esse aumento na taxa de aplicação é desfavorável quando da utilização do sistema em solos compactados e/ou com baixa capacidade de infiltração, devido ao risco do encharcamento e escoamento superficial. Para contornar esse problema, pode-se utilizar uma barra dotada de até 5 emissores do tipo "spray", conectada perpendicularmente à extremidade inferior do tubo de descida. Essa barra, conhecida como "sray boom", pode ser disposta formando um ângulo de 60 a 70° com a linha lateral do pivô, visando aumentar ainda mais a área molhada, com conseqüente redução na taxa média de aplicação (Silva, 1989).

A utilização de tubos de descida (rígidos ou flexíveis) tem a finalidade de reduzir o tempo de oportunidade para o arraste pelo vento e evaporação da gota aspergida pelo "sray" durante a sua trajetória até o solo ou dossel das culturas. Em se tratando de um sistema de irrigação por aspersão, de um modo geral, a uniformidade de distribuição da água tende a ser menor para maiores intensidades de vento. No entanto, o que se observou durante vários testes realizados com três velocidades de deslocamento do sistema é que essa tendência não foi plenamente caracterizada (Tabela 3). A distorção causada pelo vento não é problema sério em pivô central, devido ao pequeno espaçamento dos "sprays" na lateral e ao movimento circular contínuo, que permite ao sistema uma alta uniformidade potencial (Keller, 1979; Silva, 1989).

Tabela 3. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em sistema pivô central, considerando a velocidade de operação do sistema, direção predominante e velocidade do vento a 2 m de altura.

Regulagem da velocidade (%)	Direção predominante do vento	Velocidade do vento (m/s)	CUC (%)
T1 -100	ENE	4,50	81,3
T2 -100	ESE	7,80	82,7
T1 - 60	ENE	6,80	78,2
T2 - 60	ENE	6,40	79,9
T1 - 40	ENE	7,40	80,6
T2 - 40	ESE	8,80	83,4

Nos testes em que ocorreram os maiores CUC relacionados com as maiores velocidades do vento, o mesmo incidiu quase que em uma direção paralela à linha do pivô. Tal situação favoreceu o arraste das gotas ao longo da linha, propiciando uma melhor distribuição da água, pelo efeito de compensação (Rodrigues et al., 1992).

O bocal do emissor, operando com pressões mais elevadas, favoreceu uma maior pulverização, com conseqüente formação de uma maior quantidade de gotas pequenas. Dessa forma, essa aplicação pode propiciar bons índices de uniformidade, mesmo em condições de alta velocidade do vento, considerando que o vento arrasta com maior facilidade as gotas menores e que grandes quantidades de gotas pequenas representam um volume relativamente pequeno de água derivada (Silva & James, 1988). As gotas grandes, que são menos arrastadas, mesmo em menores quantidades, representam um volume considerável aplicado e distribuído ao longo da linha de coletores.

Relacionando as lâminas coletadas em cada pluviômetro e as respectivas representações de áreas com a área total, constatou-se que houve uma redução da área subirrigada (com dotações inferiores à lâmina requerida) à medida que se diminuiu a velocidade de deslocamento do sistema, confirmando que aplicações abundantes, em velocidades baixas, aumentam significativamente a eficiência de aplicação, principalmente sob condições de ventos superiores a 3 m.s^{-1} (Trevengels & Mendes, 1986).

Em todos os testes realizados, houve diferença entre o tempo medido e o nominal para um giro completo do sistema. A velocidade teórica não leva em conta as condições efetivas de campo, como as oscilações na tensão de alimentação dos motorreductores, que acarretam variações na rotação nominal e a interação entre as rodas e o solo, envolvendo pressão de calibragem, ocorrência de patinamento e capacidade de tração.

5. Irrigação Localizada

5.1. Gotejamento

No dimensionamento de sistemas de irrigação localizada devem-se seguir critérios mais rigorosos do que os adotados para sistemas por aspersão, a fim de obter-se uma adequada uniformidade de aplicação (Demiculi, 1979). Um sistema de irrigação por gotejamento deve ser projetado para que a relação entre vazões mínima e máxima não seja inferior a 90% (Karmeli & Keller, 1975). Após a instalação do sistema de irrigação no campo, são necessárias avaliações periódicas para verificarem-se falhas existentes e adquirirem-se subsídios para o aperfeiçoamento do sistema.

A uniformidade da vazão em uma linha lateral de gotejamento está condicionada ao comprimento da linha, pressão de entrada, espaçamento entre emissores e vazão do fluxo total, perdas de pressão por atrito ao longo da tubulação e nas inserções dos emissores, ganho ou perda de energia de posição, qualidade da matéria-prima e dos processos de fabricação, obstrução e efeito

da temperatura da água sobre o regime de escoamento (Wu & Gitlin, 1974). Alguns desses fatores que afetam a uniformidade de vazão nos sistemas de irrigação localizada surgem em decorrência do desgaste pelo tempo de uso, do manejo e da falta de manutenção do equipamento.

Sistemas de irrigação por gotejamento instalados em uma área com citros em solos arenosos dos tabuleiros costeiros do Piauí foram avaliados durante dois anos. Sousa & Aguiar Neto (1992) avaliaram a uniformidade de distribuição de vazão através do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), Pattern-Efficiency (PE) e uniformidade de vazão (UV). Observou-se que, tanto no primeiro quanto no segundo ano, os valores do CUC apresentaram comportamento semelhante, o que não ocorreu com os outros índices. Os valores médios encontrados para esses índices foram considerados altos, indicando bom funcionamento do sistema (Wu & Gitlin, 1974). A redução observada nos índices entre o primeiro e o segundo ano indica pequenos desgastes nos equipamentos.

A irrigação por gotejamento compreende basicamente os processos de infiltração e redistribuição de água no bulbo molhado, sendo que a predominância de um processo ou de outro depende basicamente do tempo e da frequência de irrigação. A intensidade desses processos, associada à atividade do sistema radicular das plantas, determina a dinâmica de água no bulbo molhado.

A distribuição de água no bulbo úmido é dependente do volume total de água aplicado, da vazão do gotejador, da posição (na superfície do solo ou enterrado) e da disposição dos gotejadores (isolados ou em linha), das condições iniciais e de contorno, das propriedades físicas do solo e de sua distribuição espacial, da atividade do sistema radicular das plantas e do manejo da irrigação adotado (Dasberg & Bresler, 1985; Coelho & Or, 1996). Para volumes de 10, 20 e 30 L de água aplicados com gotejadores de vazões de 4 e 8 L.h⁻¹ em solo de textura arenosa não cultivado observou-se que, imediatamente após a irrigação, o teor de água em um raio de 0,1 m do emissor para profundidades entre zero e 0,5 m foi igual ou próximo do limite superior de disponibilidade de água daquele solo. A predominância dos

gradientes devido aos potenciais de posição ou gravitacionais favoreceu o deslocamento de água da região de maior teor de água (umidade igual ou superior a $0,11 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$) para posições mais baixas no perfil. Esse deslocamento foi mais acentuado para os volumes de 20 e 30 L, principalmente para a vazão de 8 L.h^{-1} . Tal comportamento pode ser ainda mais intenso sob sucessivos ciclos de irrigação. Os volumes de maiores teores de água correspondem à faixa de disponibilidade de água do solo adequadas para a maioria das culturas (igual ou superior a 50% de água disponível), sendo, portanto, regiões de mais alta atividade do sistema radicular (Coelho & Or, 1996).

Sob a vazão de 4 L.h^{-1} , a predominância do fluxo de água na vertical não foi tão acentuada (Warrick, 1986), devido ao gradiente textural conseqüente do aumento da quantidade de areia fina, silte e argila ao longo do perfil. Com o aumento da vazão aplicada de 4 para 8 L.h^{-1} , imediatamente após o término da aplicação dos volumes de 10, 20 ou 30 L, o movimento de água observado foi maior na vertical do que na horizontal, resultando em maiores perdas por percolação profunda para os volumes de 20 e 30 L, sendo essas perdas mais acentuadas para o volume de 30 L. Isso mostra que as perdas de água por percolação profunda nesse tipo de solo, sob irrigação por gotejamento, aumentam com a vazão e com o volume aplicado durante a irrigação, como conseqüência da predominância de forças gravitacionais sobre as forças matriciais do solo. Tal comportamento era esperado, devido as características texturais dos solos arenosos dos tabuleiros costeiros do Piauí e a resultados semelhantes obtidos em outros trabalhos (Bresler, 1978; Taghavi et al., 1984). Assim, tempos de irrigação iguais ou superiores a 5 horas para gotejadores de vazão de 4 L.h^{-1} ou superiores a 2,5 horas para gotejadores de vazão de 8 L.h^{-1} podem acarretar perdas por percolação nesse tipo de solo. Para efeito de dimensionamento de projeto de irrigação por gotejamento, deve-se ter em conta que a aplicação de 10 L d'água resulta em um diâmetro molhado de 0,5 m, à profundidade de 0,2 m, para as vazões de 4 e 8 L.h^{-1} . A aplicação de 20 L resulta em um diâmetro molhado médio de 0,7 m para as duas vazões. Para o volume aplicado de 30 L, o diâmetro molhado é, em média, 0,84 m.

As avaliações nesse tipo de solo, principalmente para a vazão de 4 L.h^{-1} , mostram que a concepção cenouriforme da geometria do volume molhado em solos arenosos não deve ser considerada geral no caso dos solos arenosos dos tabuleiros costeiros do Piauí. A Figura 2 ilustra a distribuição de água do bulbo molhado, num plano perpendicular à linha de gotejadores de vazão 4 L.h^{-1} . Nesses solos, recomenda-se a aplicação de água sob gotejamento com frequência de dois dias ou menos e com vazões por gotejador iguais ou inferiores que 4 L.h^{-1} . Se o sistema de irrigação por gotejamento for subterrâneo, a vazão dos gotejadores deve ser próxima ou inferior a 2 L.h^{-1} , devendo-se utilizar gotejadores de fluxo turbulento, preferencialmente autolimpantes e autocompensantes.

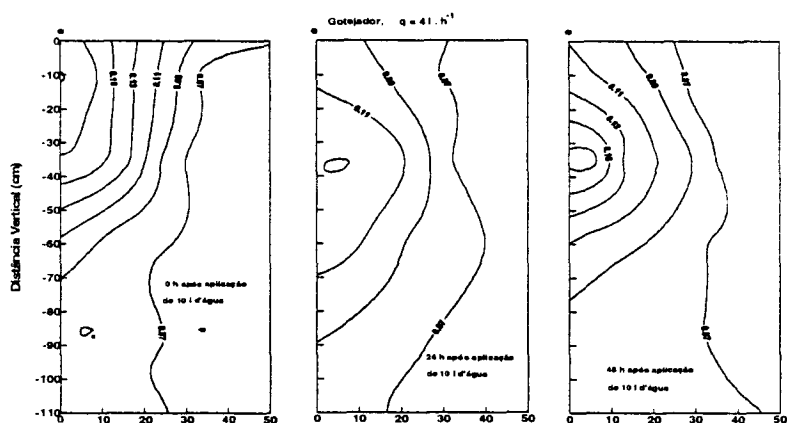


Figura 2. Distribuição de água numa seção do bulbo molhado perpendicular à linha de gotejamento no campo.

5.2. Microaspersão

A microaspersão se adapta melhor que o gotejamento às fruteiras de grande porte cultivadas em solos arenosos, porque opera com vazões entre 20 a 140 L.h^{-1} e raio de alcance de 1 a 3 m , proporcionando uma área molhada maior (Gomes, 1994). A uniformidade das vazões é normalmente alta, tendo-se observado valores acima de 95% em áreas com microaspersores

autocompensantes. Esse dispositivo permite manter a vazão estável, apesar das variações de pressão no sistema.

As principais vantagens que têm levado o produtor a optar pela microaspersão é o maior volume molhado que o sistema proporciona ao solo e a maior seção de passagem de água nos microaspersores, o que reduz sensivelmente os entupimentos em relação ao gotejamento. Outros dispositivos podem ser utilizados para adequar melhor o sistema à cultura. Quando a planta ainda está pequena, a maior parte da água é aplicada fora da área de alcance das raízes. Isso acarreta desperdício de água e fertilizantes em caso de se empregar a fertirrigação. Para evitar esse problema ou a necessidade de substituição dos emissores com o tempo, podem-se empregar microaspersores que também trabalhem invertidos (com a ponta para baixo), concentrando o jato de água mais próximo à planta. Uma outra opção é o uso de bailarinas giratórias com anteparo na saída do bocal, que diminui o raio de alcance do jato. Quando a planta crescer, os microaspersores poderão ser recolocados na posição normal e os anteparos removidos. Esses dispositivos também evitam o arraste da água pelo vento.

Em regiões com alta incidência de ventos, como é o caso da região norte do Piauí, deve-se optar por microaspersores com maior vazão, devido ao maior tamanho das gotas, e que tenham um ângulo de jato menor. Pode-se também, nesses casos, diminuir a altura da haste ou utilizar difusores com placas estriadas. Quando se deseja evitar o molhamento do caule, devem-se empregar microaspersores setoriais, com ângulos horizontais variando de 180 a 300°.

A utilização da microaspersão permite um manejo mais flexível da irrigação, porque o volume de solo umedecido é maior do que no gotejamento. É comum a utilização de dois microaspersores por planta em fruteiras adultas para permitir uma área molhada maior, já que o tronco intercepta o jato de água, molhando apenas parcialmente a região radicular. Devem-se evitar as irrigações diárias, pois essa prática faz com que as raízes fiquem superficiais, podendo afetar a cultura caso haja alguma descontinuidade no abastecimento de água. Além disso, a manutenção contínua da superfície molhada aumenta as perdas

por evaporação direta do solo, reduzindo a eficiência de irrigação. Com a aplicação diária de água, essas perdas por evaporação se tornam significativas e representam a principal desvantagem desse sistema diante da irrigação por gotejamento.

Quanto ao custo inicial, os sistemas fixos apresentam valores mais elevados que os móveis. Por operar com maiores vazões e pressões, a microaspersão emprega tubulações de maior diâmetro e necessita, também, de motobombas de maior potência que no gotejamento. Para os pomares irrigados por sistemas de microaspersão, os valores oscilam, atualmente, entre US\$ 1.500,00 e US\$ 2.500,00/ha.

6. Referências Bibliográficas

CARMO FILHO, F.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; AMORIM, A.A. **Dados meteorológicos (janeiro de 1898 a dezembro de 1986)**. Mossoró: ESAM, 1987. v.13. 325p.

BEALE, J.G.; HOWELL, D.T. Relationships among sprinkler uniformity measures. **Journal of irrigation and drainage Division of the ASCE**, v.92, p.41-48, 1996.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 4.ed. Viçosa: UFV, 1987. 988p.

BRESLER, E. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. **Irrigation Science**, v.1, n.1, p.3-17, 1978.

COELHO, E.F.; NOGUEIRA, L.C.; CONCEIÇÃO, M.A.F. Comportamento de aspersores de média pressão sob diferentes condições de vento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, RN. 1991. **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. v.2, p.153-172.

COELHO, E.F., OR, D. A parametric model for two-dimensional water uptake by corn roots under drip irrigation. **Soil Science Society of American Journal**, v.60, p.1039-1049, 1996.

CONCEIÇÃO, M.A.F. Desempenho de tubos perfurados para irrigação por aspersão. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, RN, 1991. **Anais ...** Fortaleza: ABID, 1992. v.3, p.1207-1220.

DASBERG, S.; BRESLER, E. **Drip irrigation manual**. Logan: International Irrigation Center, 1985. 95p.

DENÍCULI, W. **Uniformidade de distribuição de água em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento**. Viçosa: UFV, 1979. 42p. Tese de Mestrado.

GILLEY, J.R.; MIELKE, L.N. WILHELM, W.W. AN experimental center-pivot irrigation system for reduced energ crop production studies. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n.5, p. 1375-1379, 1983.

HERMANN, D.F.; HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the ASAE**, v.11, n.1, p.11-15, 1968.

JAMES, L.G.; BLAIR, S.K. Performance of low pressure center pivot systems. **Transactions of the ASAE** v.27, n.6, p.1753-1757, 1984.

KELLER, J. **Sprinkler irrigation**. [s.L.: s.n.], 1979. 302p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Trasactions of the ASAE**, v.17, n.4, p.678-684, 1974.

RAPOSO, J.R. **A rega por aspersão**. Lisboa: Clássica, 1980. 339p.

RODRIGUES, B.H.N.; SILVA, W.L.C.; FIETZ, C.R. Desempenho de pivô central sob as condições dos tabuleiros Litorâneos do Piauí. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., Natal, RN, 1991. **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. v.3, p.997-1018.

SEGINER, I. Spatial water distribution in sprinkler irrigation. **Advances in Agronomy**, v.4, p.119-168, 1987.

SILVA, A.A.G. da; NOGUEIRA, L.C.; OLIVEIRA, V.H. de. **Boletim agrometeorológico**. Parnaíba: Embrapa-CNPAL, 1990. 46p. (EMBRAPA-CNPAL. Boletim Agrometeorológico, 1).

SILVA, W.L.C. Considerações sobre o uso de “sprays” de baixa pressão em pivô central. **Item**; v.39, p.26-27, 1989.

SILVA, W.L.C.; JAMES, L.G. Modeling microclimate changes in sprinkle irrigation: I Model formulation and calibration. **Transactions of the ASAE**, v.31, n.5, p.1481-1486, 1988.

TAGHAVI, S.A.; MARIÑO, M.A., ROLSTON, D.E. Infiltration from trickle irrigation source. **Journal of Irrigation and drainage Engineer**, v.110, n.4, p.331-341, 1984.

TREVENGELS, A.; MENDES, A.A.T. **Irrigação: manual de manejo**, 2.ed. s.d: ASBRASIL, 1986. 29p.

VIEIRA FILHO, J.M.S. **Velocidade máximas de vento no Brasil**. Estudo preliminar – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1975. 62p. Tese de Mestrado.

WARRICK, A.W. Soil water distribution. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: Design, Operation and Management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.93-116.

Wu, J.P.; GITLIM, H.M. Drip irrigation design based on uniformity. **Transations of the ASAE**, v.17, n.1, p.429-432, 1974.