



**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

EQUIPAMENTO PARA PESQUISA DE IRRIGAÇÃO EM FRUTEIRAS TROPICAIS COM CONTROLE AUTOMÁTICO DE APLICAÇÃO DE ÁGUA



Equipamento para pesquisa de
2001 FL-13179a



43456-2

Embrapa

Agrofitos Costeiros

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinícius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiro
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daqiel Giacomelli Scolari
Bonifácio Hideyuki Nakasu
José Roberto Rodrigues Pêres
Diretores

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Lafayette Franco Sobral
Chefe-Geral

Maria de Fátima Silva Dantas
Chefe-Adjunto de Administração

Amaury Apolonia de Oliveira
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Jorge do Prado Sobral
Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

**EQUIPAMENTO PARA PESQUISA DE IRRIGAÇÃO
EM FRUTEIRAS TROPICAIS
COM CONTROLE AUTOMÁTICO
DE APLICAÇÃO DE ÁGUA**

Luis Carlos Nogueira
Andreza Santos da Costa
Aurelir Nobre Barreto
Baruch Gornat
Antenor de Oliveira Aguiar Netto

Embrapa

Tabuleiros Costeiros

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:
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
Home page: <http://www.cpatc.embrapa.br>
E-mail: sac@cpatc.embrapa.br

Comitê Local de Publicações
Presidente: Amaury Apolonio de Oliveira
Secretária-Executiva: Aparecida de Oliveira Santana
Membros: Emanuel Richard Carvalho Donald
Ederlon Ribeiro de Oliveira
Denis Medeiros dos Santos
Francisco Elias Ribeiro
José Henrique de Albuquerque Rangel

Revisor de texto: David Soares Pinto
Diagramação: Aparecida de Oliveira Santana

1ª edição
1ª impressão 2001: 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

NOGUEIRA, L.C.; COSTA, A.S. da; BARRETO, A.N.; GORNAT, B.; AGUIAR NETTO, A. de O. Equipamento para pesquisa de irrigação em fruteiras tropicais com controle automático de aplicação de água. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 38p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 30).

Irrigação; Automação; Pesquisa; Irrigation; Automation; Research.

CDD: 634.61

© Embrapa 2001

SUMÁRIO

<u>1. Introdução.....</u>	<u>5</u>
<u>2. Sistemas de irrigação localizada.....</u>	<u>7</u>
<u>3. Delineamento experimental.....</u>	<u>10</u>
<u>4. Disposição dos equipamentos no campo.....</u>	<u>12</u>
<u>5. Descrição dos equipamentos.....</u>	<u>13</u>
<u>6. Considerações finais.....</u>	<u>20</u>
<u>7. Referências bibliográficas.....</u>	<u>20</u>

EQUIPAMENTO PARA PESQUISA DE IRRIGAÇÃO EM FRUTEIRAS TROPICAIS COM CONTROLE AUTOMÁTICO DE APLICAÇÃO DE ÁGUA¹

Luis Carlos Nogueira²
Andreza Santos da Costa³
Aurelir Nobre Barreto²
Baruch Gornat⁴
Antenor de O. Aguiar Netto⁵

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a irrigação tem-se firmado como técnica importante e necessária para se obter um bom rendimento agrícola, nas condições brasileiras, principalmente quando se enfoca a região Nordeste e a nova perspectiva de produção de frutas para consumo interno, exportação e agroindústria.

Em virtude dessa realidade, está ocorrendo grande expansão das áreas irrigadas, explorando-se diversas culturas sob diferentes condições edafoclimáticas. Essa expansão está sendo impulsionada, principalmente, pela visão empresarial inerente à iniciativa privada. Normalmente, o avanço dessa "fronteira agrícola" tem ocorrido tomando por base o acervo de conhecimentos já existentes para as condições locais e com grande contribuição de informações trazidas de outras regiões, com ou sem adaptações por ventura necessárias.

¹ Pesquisa realizada através da parceria entre a Embrapa Tabuleiros Costeiros, a Gornat Irrigation Research and Development e a Agropecuária Monteiro Ltda.

² Eng.-Agrôn., M.Sc. Irrigação, Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Av. Beira-Mar, 3250, 49025-050, Aracaju, SE. Correio eletrônico: nogueira@cpac.embrapa.br

³ Estudante de Agronomia da Universidade Federal de Sergipe. Estagiária de Irrigação da Embrapa Tabuleiros Costeiros.

⁴ Eng.-Agrôn., Ph.D., Consultor Internacional para Irrigação. Hatlamin Street, 16, Ramat-Hasharon, Israel. Correio eletrônico: bgu@netvision.net.il

⁵ Eng.-Agrôn., Dr., Professor da Universidade Federal de Sergipe. Correio eletrônico: aguiar@infonet.com.br

Para que haja a geração de conhecimentos que tenham validade e comprovação locais, faz-se necessário realizar pesquisas envolvendo as diversas culturas, visando obter melhorias tecnológicas para a nova situação de cultivo, e também identificar os parâmetros físico-hídricos do complexo solo-água-plantas-atmosfera a serem utilizados no cultivo irrigado.

No entanto, é importante para a pesquisa, um monitoramento eficaz que reduza o número de atividades a serem realizadas pelo operador, o que pode ser obtido através de modificações que imprimam praticidade ao manejo de irrigação, como por exemplo a automação do mesmo. Nesse contexto, a instrumentação e o uso de determinados sensores contribuem diretamente para atingir esse propósito.

Os trabalhos na linha de automação de sistemas de irrigação são importantes, pois quanto mais prática se tornar a tarefa de aplicação de água às plantas menor será o custo da produção agrícola. De acordo com Lopez et al. (1992), com os recentes avanços no campo dos microprocessadores se consegue unidades muito compactas a preços mais acessíveis para uso em agricultura e com possibilidades praticamente ilimitadas, que permitem alcançar vários níveis de automação dos sistemas de irrigação.

A operação automática dos sistemas de irrigação localizada é possível, principalmente, porque todos os equipamentos são fixos, as vazões são baixas, as unidades de irrigação são relativamente grandes e há pouca influência do vento na maioria dos casos (Pizarro, 1987).

Nos sistemas de irrigação planejados para fins de pesquisa, as parcelas experimentais ou grupos de parcelas, que se constituem nas subunidades ou unidades de irrigação, são normalmente de pequena proporção quando comparadas com áreas comerciais.

Considerando os experimentos em que os tratamentos de irrigação ou de fertirrigação são variáveis, como lâminas de água, turnos de rega ou doses de nutrientes e frequência de fertirrigação, na maioria dos casos o controle de aplicação dos tratamentos às parcelas é feito de forma manual, normalmente através de registros distribuídos na área experimental. Nesses casos, é necessária a dedicação de uma pessoa para controlar a abertura e o

fechamento dos registros, de acordo com os tratamentos estabelecidos. Essa atividade, porém, pode ser facilitada com o uso da automação no controle da aplicação dos tratamentos.

Segundo Lamm et al. (1990), existem poucas informações na literatura sobre procedimentos passo a passo para dimensionamento e construção de um sistema de irrigação localizada para fins de pesquisa.

Este trabalho representa um estudo de caso e apresenta, de forma global, simples e direta, os equipamentos e os esquemas de montagem para possibilitar a realização de pesquisa de irrigação, com três sistemas e três lâminas aplicados a três fruteiras tropicais, com fertirrigação e controle automático da aplicação de água, visando dar subsídios para que sejam montados esquemas similares, ou modificados e aperfeiçoados, de acordo com as condições naturais do local, do nível técnico do interessado e da disponibilidade de recursos financeiros. Com isso, pretende-se atender, em parte, a necessidade de orientação para montagem de estruturas que facilitem a obtenção de dados em experimentos de campo.

2. SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

A preocupação com o gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente quanto à economia da água utilizada na irrigação, tem levado à substituição de sistemas de irrigação por superfície e por aspersão pelos sistemas de irrigação localizada, em virtude de estes últimos serem mais eficientes na aplicação de água e de fertilizantes sob diversas condições ambientais. Por isso, em certas situações, tem sido recomendado para muitas culturas, principalmente fruteiras, o uso de sistemas de irrigação localizada por microaspersão e gotejamento (superficial ou subterrâneo).

Esses sistemas se caracterizam por aplicar água diretamente na zona radicular, com pequena intensidade e alta frequência, o que proporciona maior economia desse recurso, principalmente em regiões de baixas precipitações. Segundo Santos et al. (1997), uma área molhada superior a 55% da área

sombreada pela planta descaracteriza o método, por eliminar essa vantagem de economizar água. A área mínima molhada deve ser 20% nas regiões úmidas e 33% nas regiões semi-áridas. Isso porque, em irrigação, de acordo com Marouelli et al. (1996), normalmente não se considera todo o perfil do solo explorado pelo sistema radicular das plantas, mas apenas a profundidade efetiva, que deve ser de 80% a 90% do sistema radicular nele contido.

A região Nordeste possui grandes aptidões para a produção de frutas tropicais, entretanto sabe-se que o aproveitamento agroeconômico está ligado muitas vezes às diversas condições edafoclimáticas, e que, na sua grande maioria, as produções alcançadas estão muito abaixo das potencialidades das culturas. A irrigação, no Nordeste, é fator decisivo no processo de desenvolvimento da agricultura local, sem a qual se tornaria economicamente inviável o cultivo de fruteiras tropicais (Sousa et al., 1997).

O objetivo básico da irrigação é fornecer água a fim de atender a demanda hídrica necessária ao desenvolvimento das culturas (Sousa et al., 1997). Esse fornecimento de água pode ser feito de várias maneiras, segundo o método ou sistema de irrigação adotado. No caso da irrigação localizada, o controle de saída de água das tubulações laterais é feito por dispositivos denominados emissores. Os emissores que possuem vários pontos de emissão, segundo Lopez et al. (1992), são conhecidos como emissores de multissaídas. Tais emissores podem ser gotejadores ou microaspersores. Os gotejadores são emissores com vazões inferiores a 16 l-h. Os microaspersores são emissores de baixa pressão e vazão, geralmente inferior a 200 l-h, com raio de alcance não ultrapassando 3 m.

Um bom emissor deve possuir certas características, tais como: vazão uniforme e constante, pouca sensibilidade à variação de pressão e obstruções, elevada uniformidade de fabricação, resistência ao ataque de insetos e roedores, pouca perda de carga no sistema de conexão e estabilidade da relação vazão-pressão por longo tempo (Lopez et al., 1992).

Os sistemas de microaspersão são aqueles que usam microaspersores ou difusores para distribuir a água. Os microaspersores são emissores que possuem uma parte móvel - a bailarina. A bailarina define o raio

de alcance e o padrão de distribuição da água, conforme a sua configuração hidráulica. Algumas têm função especial, como operação em posição invertida e função antiinseto. Os difusores não possuem partes móveis: a distribuição de água é feita por defletores. O defletor pode distribuir água em diversos padrões conforme o desenho de sua superfície defletora (por exemplo: com 360°, 180°, maior raio, maiores gotas etc). Tanto para os microaspersores quanto para os difusores, os bocais são as peças que definem a vazão, conforme o seu diâmetro e a pressão de serviço utilizada.

Os sistemas de gotejamento são aqueles que usam os emissores do tipo gotejador. Normalmente, os gotejadores são do tipo in line ou on line, quando operam inseridos na tubulação da lateral ou sobrepostos a ela, respectivamente. Entretanto, atualmente, existem diversas variações desses tipos, como por exemplo, aqueles que operam dentro do tubo e outros que são integrados à parede da tubulação durante o processo de fabricação. Independentemente do modo de operação em relação à tubulação, existem os tipos com capacidade de autocompensação de pressão, de autolimpeza, além de dispositivos especiais que possibilitam funções de anti-sucção e antidrenagem.

Segundo Nogueira et al. (1997), atualmente vem sendo melhorada e testada a tecnologia da irrigação por gotejamento subterrâneo (IGS), na qual são utilizados todos os recursos da irrigação localizada para aumentar a eficiência de uso de água e nutrientes. Nesse sistema, as laterais de irrigação ficam enterradas de 30cm a 45cm de profundidade, o que denota algumas vantagens sobre o sistema de gotejamento convencional, como: economia de água, menor susceptibilidade aos tratos culturais (corte de mangueiras, quebra de emissores, etc.), maior volume de solo molhado, maior uniformidade de irrigação, redução do vandalismo, aplicação mais eficiente de fertilizantes, possibilidade de uso de águas residuais, além de aumentar a vida útil dos materiais componentes do sistema, reduzir a incidência de plantas daninhas e evitar o empoçamento superficial (Sistema..., 1994 e Phene et al. 1987, citados por Nogueira et al., 1997).

Empregada em diversas partes culturas em várias partes do mundo, a técnica da irrigação por gotejamento subterrâneo está sendo bastante estudada

ultimamente devido às possibilidades de melhorar ainda mais as eficiências e aumentar as vantagens em relação ao gotejamento convencional.

Lamm et al. (1990) planejaram e instalaram uma área experimental - com sistema de gotejamento subterrâneo para pesquisas agrônômicas e de engenharia - constituída de 121 parcelas com controle individual. A estrutura se mostrou útil para diversas experimentações de campo e serviu de ponto de partida para aperfeiçoamentos contínuos.

3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os experimentos descritos a seguir foram instalados em uma área experimental implantada no lote 4 do Distrito de Irrigação do Platô de Neópolis, no norte do estado de Sergipe, de concessão da empresa Agromonte Ltda. A área é praticamente plana, com declividade de aproximadamente 1,6%.

O solo é do tipo Podzólico amarelo distrófico, classe de ocorrência comum nessa região dos tabuleiros costeiros, caracterizado, segundo Jacomine (1996), pelo gradiente textural e concentração de argila no B; muitas vezes, com mudança textural abrupta. A presença de fragipan, correspondendo a determinada parte do horizonte B, é outro aspecto físico constatado nesses solos.

Foram considerados três experimentos com o mesmo delineamento estatístico e equipamento similar, mas com certas características de montagem diferentes em função da cultura utilizada. As culturas são o coqueiro-anão-verde (*Cocos nucifera* L.), o maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* DEG.) e a acerola (*Malpighia glabra* L.).

Os experimentos foram instalados em delineamento estatístico de blocos ao acaso em arranjo fatorial 3 x 3, com nove tratamentos, constituídos pela combinação de três sistemas e três lâminas de irrigação, e quatro repetições (Figura 1). Os sistemas de irrigação estudados foram: microaspersão, gotejamento convencional e gotejamento subterrâneo. As lâminas de irrigação são calculadas considerando três fatores percentuais da

evaporação do tanque Classe A (0,6, 0,75 e 0,9 para o coco e a acerola; 0,6; 0,8 e 1,0 para o maracujá).

Na Tabela 1 encontram-se os detalhes dos experimentos com os dados de área e o número de plantas de cada cultura. Todas as plantas das parcelas foram consideradas plantas úteis.

As plantas do experimento com coco foram distribuídas na configuração de plantio de 7,5 x 7,5 x 7,5 m em triângulo, onde cada planta dispõe de uma área de 48,8 m². Sendo assim, a parcela com seis plantas ocupa uma área de 292,5 m². Cada lâmina irriga 4 parcelas num total de 24 plantas, abrangendo uma área de 1.170 m². Cada sistema, com três lâminas, irriga doze parcelas. O total de plantas irrigadas por sistema, em cada repetição, é de 72 em uma área de 3.510 m². A área total do experimento é de 10.530 m².

No experimento de maracujá, o espaçamento de plantio é de 3 x 4 m, onde cada planta dispõe de uma área de 12 m². Assim, a parcela com 24 plantas ocupa uma área de 288 m². Cada lâmina irriga quatro parcelas, num total de 96 plantas, abrangendo uma área de 1.152 m². Cada sistema, com 3 lâminas, irriga doze parcelas. O total de plantas irrigadas por sistema, em cada repetição, é de 288 em uma área de 3.456 m². A área total do experimento é de 10.368 m².

O experimento de acerola é semelhante ao de maracujá, com espaçamento de 4 x 3 m, onde cada planta dispõe de uma área de 12 m². Dessa forma, a parcela com 24 plantas ocupa uma área de 288 m². Cada lâmina irriga quatro parcelas, num total de 96 plantas, abrangendo uma área de 1.152 m². Cada sistema, com três lâminas, irriga 12 parcelas. O total de plantas irrigadas por sistema, em cada repetição, é de 288 em uma área de 3.456 m². A área total do experimento é de 10.368 m².

4. DISPOSIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NO CAMPO

Na Figura 2, observa-se a disposição dos experimentos de cada fruteira em relação ao reservatório de água. Cada experimento conta com um cavalete de tomada-de-água no centro da área do pomar. O cavalete mostrado na Figura 4, é composto de uma válvula manual (registro de esfera), filtro de tela auxiliar, saída de água para os injetores de fertilizantes, válvula reguladora de pressão e manômetro.

A água chega até os cavaletes através de uma tubulação de PVC rígido de 100 mm de diâmetro, a partir da estação de bombeamento mostrada na Figura 3, cuja distância para o cavalete do experimento com coco é de 144 m e de 260 m para os outros dois experimentos.

A estação de bombeamento é composta por uma válvula-de-pé de ferro fundido de 4", uma eletrobomba, uma curva de saída de bomba, em ferro galvanizado de 3", um manômetro, um registro de 3", um filtro automático e uma ventosa. A água é succionada pela eletrobomba e é recalçada pela tubulação de PVC até os cavaletes, onde é distribuída a cada experimento. A bomba trabalha com uma vazão de 40 m³.h⁻¹ e uma pressão de 400 kPa. A filtragem principal é feita pelo filtro automático, cuja capacidade é de 80 m³.h⁻¹, no qual todos os dispositivos necessários à retrolavagem compõem a própria unidade de filtragem. A partir dos cavaletes, a água é derivada para os diferentes tratamentos através das ramificações mostradas na Figura 5.

Cada ramificação tem a função de distribuir a água entre os nove tratamentos dos ensaios. Para isso, conta com um conjunto de dispositivos hidráulicos e conexões montado no formato de garfo de três saídas, sendo que cada um deles corresponde a um sistema de irrigação e cada saída a uma lâmina, como pode ser visto na Figura 4.

Antes das ramificações, há um manômetro onde o operador confere a pressão de funcionamento do sistema para que a aplicação de água se mantenha uniforme ao longo do tempo. O controle de aplicação das lâminas é feito pelo computador de irrigação, com base em vazão constante e tempo diferenciado, através de acionamento de válvulas hidráulicas.

5. DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

5.1. Tubulação para distribuição de água às parcelas

Conforme já descrito anteriormente, cada experimento é constituído de quatro blocos e nove tratamentos (Figura 1). A tubulação principal de polietileno que conduz água aos nove tratamentos está enterrada a uma profundidade de 50 cm numa valeta escavada aproximadamente no centro da área do pomar (Figura 5).

Em alguns pontos, existe cruzamento da tubulação de polietileno de 32 mm (linhas principais) com a tubulação de 25 mm (linhas secundárias). Nesse cruzamento, ocorre a alimentação das linhas secundárias, o que é possível com a utilização de um niple de redução 1" x ¾" unindo o tê-adaptador de cada linha (Figura 6).

As linhas secundárias conduzem a água do ponto de cruzamento até as parcelas de cada tratamento, de acordo com a casualização estatística, alimentando as laterais de irrigação de cada parcela através de uma peça chamada de conector inicial. Todas as peças de conexão utilizadas internamente na área são de polietileno.

No caso do coco, em cada parcela há uma linha lateral ao lado de cada fileira de três plantas. Na microaspersão utilizam-se mangueiras de 20 mm dispostas linearmente com um microaspersor de 70 l.h⁻¹ para cada planta (Figura 7a). Para os sistemas de gotejamento superficial e subterrâneo, são usadas mangueiras de 16 mm que alimentam, através de um tê interno, cada rabo-de-porco ou anel auxiliar, disposto ao redor do tronco a 1,0 m de raio, na superfície ou enterrado a 30cm, respectivamente, com seis gotejadores de 3,6 lh⁻¹ por planta (Figuras 7b e 7c).

No experimento com acerola, as laterais estão distribuídas de forma linear nos três sistemas de irrigação (Figura 8). As laterais de microaspersão estão dispostas ao lado do tronco das plantas com um microaspersor entre duas plantas adjacentes. As laterais de gotejamento, com um gotejador de 3,6 lh⁻¹ a cada metro, estão distanciadas das linhas de planta

em 50 cm. O sistema de gotejamento subterrâneo é exatamente igual ao do gotejamento superficial, sendo que tem suas linhas laterais enterradas no intervalo de 20 a 30 cm de profundidade.

O experimento de maracujá difere dos dois experimentos citados anteriormente no que diz respeito à distribuição das laterais da microaspersão, que, nesse caso, estão dispostas entre duas fileiras de plantas adjacentes, com um microaspersor de 70 l.h⁻¹ para cada duas plantas (Figura 9a). Os sistemas de gotejamento superficial e subterrâneo possuem uma lateral disposta linearmente a uma distância de 50 cm de cada fileira de planta. Em ambos os casos há um gotejador de 3,6 l.h⁻¹ por metro de lateral (Figura 9b e 9c). As laterais do sistema subterrâneo estão enterradas a uma profundidade entre 20 e 30 cm.

Observando a Figura 9, pode-se perceber o efeito dos três tipos de sistema de irrigação utilizados sobre o crescimento de plantas daninhas na área da cultura. O sistema de microaspersão permite molhar uma área grande, proporcionando condições para uma área infestada também maior. O gotejamento superficial propicia pequenas áreas circulares molhadas próximas aos gotejadores resultando numa grande redução da área infestada. O melhor resultado neste sentido é obtido pelo sistema de gotejamento subterrâneo, pois praticamente não ocorre crescimento de plantas daninhas, já que é quase inexistente o molhamento de superfície do solo.

Em todos os casos, a tubulação de 16 mm foi enterrada com o auxílio de um implemento especial para este fim, acoplado a um trator, conforme a ilustração da Figura 10. Trata-se de um implemento similar a um subsolador, com uma ou mais hastes que penetram a uma profundidade normalmente entre 20 e 50 cm, dependendo do sistema radicular da cultura a ser explorada e das condições físicas dos solos. No solo em questão, em virtude de haver uma camada adensada em profundidades que variam de 15 a 30 cm, e devido ao baixo teor de umidade do solo na época em que foram realizados os trabalhos, a mangueira ficou instalada em média a 25 cm de profundidade.

Para permitir a instalação da mangueira na profundidade de penetração das hastes do implemento, existe um tubo de ferro, como guia, para efeito de condução, com diâmetro interno superior ao da tubulação das laterais, que acompanha verticalmente a haste até a ponta, porém com a curvatura em sentido contrário (Figura 10).

A extremidade superior desse tubo tem um funil para maior flexibilidade na entrada da mangueira. Cada mangueira a ser instalada é tracionada a partir de um carretel onde é acoplado o rolo. O rolo de mangueira é colocado retirando e afixando o lado externo do carretel ao eixo através de um parafuso de fixação.

O efeito do tracionamento da mangueira é obtido pela ancoragem que se faz no ponto inicial da instalação. Uma pessoa faz uma ligeira resistência segurando a ponta da mangueira e à medida em que o trator se desloca, a mangueira fica presa ao solo, até que se possa soltá-la, dependendo das condições do solo.

A cultura implantada na área em questão (Figura 10) é o maracujá, cujo espaçamento é 3 x 4 m, o que permitiu a regulagem do implemento para instalação simultânea de duas laterais de gotejamento. Isto não ocorreu com as outras culturas em que se usou o implemento: o coco (7,5 x 7,5 x 7,5 m configurado em triângulo) e a acerola (4 x 3 m, ao contrário do maracujá). Na cultura do coco, as mangueiras foram instaladas a 1,0 m de distância do centro da cova. Na acerola e no maracujá, a instalação foi feita a 0,5 m do centro da cova.

Em uma publicação que visa apresentar e descrever um sistema de irrigação planejado para a realização de pesquisa agrônômica e de engenharia de irrigação, Lamm et al. (1990) utilizaram linhas de gotejamento com vazões de 1,86 l.h⁻¹ por metro instaladas em camalhões de 1,52 m de largura com a cultura do milho, sendo que cada lateral irrigava duas fileiras de milho. A tubulação de gotejamento foi do tipo parede dupla com 1 gotejador a cada 30 cm.

Para os experimentos de acerola e de maracujá, todas as parcelas receberam, desde o plantio, todos os tratamentos diferenciados preestabelecidos para os sistemas de irrigação. Para o experimento de coco, os rabos-de-porco do sistema de gotejamento subterrâneo foram enterrados quando as plantas completaram 1 ano de idade. Nessa cultura, durante o primeiro ano de vida, os microaspersores tiveram suas bailarinas substituídas de forma que a aplicação de água fosse mais concentrada próximo ao caule da planta (Figura 11a), visando garantir o perfeito umedecimento da semente e do solo próximo para garantir melhor formação do sistema radicular. Pelo mesmo motivo, nos dois sistemas de gotejamento, o rabo-de-porco de cada planta foi disposto bem próximo do caule, em um raio aproximado de 25 cm (Figura 11b).

Os emissores utilizados nos experimentos são visualizados na Figura 12. O gotejador é autocompensante e autolimpante (Nogueira & Gornat, 1990), com labirinto e membrana de silicone. É do tipo on line, mas com funcionamento totalmente dentro do tubo, o que o torna apropriado para instalação mecanizada com o implemento de enterrar mangueiras de gotejamento subterrâneo. O microaspersor é do tipo comum (não autocompensante), composto por partes intercambiáveis, o que o torna versátil para adaptações de campo, considerando a área molhada em função do tipo e da fase da cultura.

5.2. Equipamento de medição e controle automático

Devido ao fato de os sistemas de irrigação localizada possuírem, em geral, instalações fixas formadas por várias unidades de irrigação que operam consecutivamente com tempos de aplicação longos e alta frequência, Lopez et al. (1992) afirmaram que essas características são responsáveis pela possibilidade e necessidade de fazer uma programação automática desse tipo de irrigação.

Atualmente, em razão da constante preocupação com a gestão dos recursos hídricos, é imperativo o aperfeiçoamento de métodos de manejo de solo e água, bem como o aprimoramento de sistemas de irrigação que

garantam a produção desejada com máxima eficiência no consumo de água (Sousa et al., 1997).

Com a automação se consegue um avanço qualitativo interessante, como a possibilidade de controlar o funcionamento hidráulico da instalação através de sensores de pressão e de fluxo de água que interrompe a irrigação quando registram valores superiores ou inferiores ao intervalo previamente fixado. É possível conseguir também o controle contínuo de parâmetros como temperatura, umidade do ar, insolação, vento, tensão da água no solo, além do controle sobre a aplicação de fertilizantes, pesticidas etc. (Lopez et al., 1992).

No caso em estudo, o controle da aplicação dos tratamentos é feito por um computador de irrigação GAL-COMPACT, de 12V, ligado a uma placa solar que recarrega a sua bateria durante o dia. Esse computador é programado para controlar o funcionamento de cada seqüência de válvulas. A seqüência é a organização das válvulas a serem comandadas em grupo uma após outra, cada uma funcionando de forma independente, segundo a necessidade de irrigação de cada parcela (Figuras 13 e 14).

A automação pode proporcionar um decréscimo no diâmetro necessário às tubulações e na capacidade do sistema, pela possibilidade de maior fracionamento da área em operação (Olitta, 1984). Além disso, a automação pode minimizar a mão-de-obra e tornar prática a operação do sistema de irrigação.

O controle da quantidade de água pode ser feito por tempo ou por volume. O tempo de aplicação de água é controlado pelo relógio interno do computador. Para controlar a aplicação de água por volume, como é feito neste estudo de caso, é necessário o uso do hidrômetro de pulso elétrico que, após calibração específica, envia um pulso ao controlador para cada fração de volume contado (por exemplo, um pulso para cada 100 litros).

O computador de irrigação, também chamado de controlador de irrigação, possui diversas entradas e saídas de pulso elétrico, conforme o modelo. As entradas dizem respeito ao envio de informações por diversos sensores que podem ser conectados, como o hidrômetro já citado

anteriormente, tensiômetros, pluviômetros, pressostatos etc. As saídas dizem respeito aos pulsos de comando enviados aos atuadores que causarão efeitos como abrir e fechar válvulas, ligar e desligar bombas etc. Na Figura 16 são apresentados dois aspectos da conexão do computador GAL-COMPACT (de 12V e 12 saídas) utilizado no controle dos experimentos: (a) barra de conectores para os fios dos sensores e atuadores e (b) barra de válvulas-solenóide para comandar as válvulas hidráulicas.

Para que o controlador possa acionar as válvulas hidráulicas, é necessária a montagem de uma barra de solenóides, instalada junto ao controlador, composta por nove válvulas-solenóide, com a finalidade de transformar os pulsos elétricos emitidos pelo computador em pulsos hidráulicos. Esses pulsos hidráulicos são transmitidos por microtubos até as válvulas hidráulicas (Figura 5), que abrem ou fecham a passagem da água.

Nesses sistemas, é possível automatizar o monitoramento da pressão através de um pressostato que pode ser conectado ao computador de irrigação. Através de programação do computador fica estabelecida qual a faixa de pressão na qual a operação do sistema pode ser considerado normal e qual será a ação do computador em caso de haver pressões fora dos limites, como por exemplo interromper a irrigação e soar um alarme.

5.3. Equipamento de fertirrigação

A utilização da fertirrigação nos sistemas é uma prática que permite a economia de mão-de-obra, como também a uniformidade e frequência de distribuição dos fertilizantes. Permite também uma redução nas perdas dos produtos, uma vez que a aplicação é localizada, o que facilita a absorção dos elementos químicos pelo sistema radicular.

Como em qualquer processo de manipulação de produtos químicos, com a fertirrigação existe o mesmo perigo de contaminação ambiental. A solução fertilizante pode retornar à fonte ou ao reservatório, ocasionando perdas do produto e poluição ambiental (Marouelli et al., 1996).

A ocorrência desse tipo de problema nesse experimento é nula, uma vez que, do ponto de sucção até os cavaletes, a água percorre o terreno a favor do declive, o que impede o movimento contrário. Outro aspecto importante, ainda nesse contexto, é a condição de relevo plano no sentido transversal da área com a disposição das laterais de irrigação em nível.

A Figura 17 apresenta os dispositivos necessários à fertirrigação, tais como: um reservatório para solução, uma bomba injetora de fertilizante e um filtro.

Em virtude de serem três sistemas distintos, optou-se por construir três conjuntos de fertirrigação (Figura 17b).

A bomba injetora funciona hidráulicamente, succionando a solução de fertilizante do reservatório e injetando diretamente na tubulação da linha principal de cada tratamento, após os hidrômetros totalizadores. Cada sistema possui três linhas principais, sendo uma para cada lâmina. A capacidade de injeção da bomba varia de 5 a 60 l.h⁻¹, e sua pressão de serviço está em torno de 140 a 700 kPa, entretanto está regulada para trabalhar com 50 l.h⁻¹ e com pressão de entrada de 350 kPa.

A bomba injetora de fertilizantes (Figura 17a) possui algumas vantagens, que torna mais eficiente a operação da fertirrigação, como: maior precisão na injeção e distribuição dos fertilizantes nas tubulações de irrigação; maior mobilidade devido à sua pequena dimensão; maior capacidade de utilização em áreas com várias unidades operacionais; não produz perda de carga hidráulica no sistema de irrigação e a concentração de adubos permanece durante o funcionamento da bomba (Santos et al., 1997).

A água necessária para o funcionamento da bomba injetora é proveniente do cavalete e é tomada logo após o filtro auxiliar. Para facilitar a distribuição da água aos três conjuntos de fertirrigação, montou-se uma ramificação que é transportada a cada experimento (Figura 17c).

Neste artigo, não é apresentada a automação das ações de fertirrigação em virtude de não ser esta a finalidade principal do trabalho. Entretanto, utilizando dispositivos como contadores de pulsos para cada

modelo de bomba injetora de fertilizantes, medidores de fluxo de solução e válvulas hidráulicas, além de sensores de umidade e de condutividade elétrica instalados no solo, é possível automatizar também as tarefas de aplicação de fertilizantes, de acordo com as necessidades de cada fase da cultura.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas estão tendo ótimo funcionamento, permitindo fácil controle de aplicação dos tratamentos, sem a necessidade de dedicação de uma pessoa para esse fim.

A manutenção necessária corresponde àquela que normalmente ocorre nos sistemas comerciais: substituição de conexões, substituição de bateria dos controladores, emenda de tubulação cortada por tratos culturais etc..

Sem alterar os equipamentos e os esquemas de montagem, é possível estudar três doses ou três frequências de aplicação na água de um fertilizante.

Os esquemas de montagem, as quantidades e os tipos de materiais podem ser facilmente adaptados em função da cultura, dos tratamentos, do delineamento estatístico etc., a serem adotados em cada caso.

Para se estudar um só sistema, o esquema apresentado permite adotar outra variável como tratamento, de forma a manter o mesmo delineamento estatístico e as mesmas peças de controle.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JACOMINE, P.K.T. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos de tabuleiros costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas, BA.

- Pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros - anais... Aracaju: Embrapa-CPATC/Embrapa-CNPMPF/EAUFBA/IGUFBA, 1996. p.13-26.
- LAMM, F.R.; MANGES, H.L.; ROGERS, D.H.; SPURGEON, W.E.; FARMER, M.H. **Design and installation of a drip irrigation system for research purposes.** Chicago, ASAE, 1990. 22p. (ASAE. Paper, 902530).
- LOPEZ, J. R.; ABREU, J. M.N.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J.F.G. **Riego localizado.** Madrid: Mundi-Prensa/IRYDA, 1992. 405p.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R.; SILVA, H.R.. **Manejo da irrigação em hortaliças.** Embrapa-CNPH, 5 ed., rev. ampl. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 72p.
- NOGUEIRA, L.C. & GORNAT, B. **Desempenho de gotejador autocompensante.** *Irrigação e Tecnologia Moderna*, n.42, p.22-28, 1990.
- NOGUEIRA, L.C.; NOGUEIRA, L.R.Q.; GORNAT, B.; COELHO, E.F. **Gotejamento subterrâneo: uma alternativa para a exploração agrícola dos solos dos tabuleiros costeiros.** Aracaju: Embrapa-CPATC, 1997. 21p. (Embrapa-CPATC. Documentos, 6).
- OLITTA, A. F.L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Nobel. 1984. 267p.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia.** Madrid : Mundi-Prensa., 1987. 461p.
- SANTOS, F.J.S.; MIRANDA, F.R.; OLIVEIRA, V.H.; UCHOA, L.C. **Irrigação localizada: microirrigação.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1997. 48p. (EMBRAPA-CNPAT. Documentos, 23).
- SOUSA, V.F.; AGUIAR NETTO, A. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SOUSA, A. P.; DANTAS NETO, J. **Manejo de irrigação através do balanço de água no solo.** Teresina: Embrapa-CPAMN, 1997. 36p. (EMBRAPA-CPAMN. Documentos, 23).

A N E X O

RELAÇÃO DE PEÇAS E COMPONENTES

Tabela 1. Dados de área e de número de plantas dos experimentos.

DESCRIÇÃO	COCO	MARACUJÁ	ACEROLA
Configuração de plantio (m)	7,5x7,5x7,5	3x4	4x3
Área por planta (m ²)	48,8	12	12
Plantas por parcela	6	24	24
Área da parcela (m ²)	292,5	288	288
Parcelas por lâmina	4	4	4
Plantas por lâmina	24	96	96
Área da lâmina (m ²)	1.170	1.152	1.152
Lâminas por sistema	3	3	3
Parcelas por sistema	12	12	12
Plantas por sistema	72	288	288
Área por sistema (m ²)	3.510	3.456	3.456
Área total (m ²)	1.0530	1.0368	1.0368

Tabela 2. Peças e componentes das diversas estruturas necessárias aos experimentos de sistemas e lâminas de irrigação.

Item	Descrição	Quantidade
A	RAMIFICAÇÃO	
	Bucha de redução 1" x ½" PVC	9
	Bucha de redução 2" x 1" PVC	3
	Cruzeta 1" PVC	3
	Cruzeta 2" PVC	1
	Hidrômetro com pulso elétrico	3
	Hidrômetro totalizadores	9
	Manômetro	1
	Niple 1" x ½" PVC	2
	Niple 1" PVC	1

Continua...

Continuação

Item	Descrição	Quantidade
A	Niple 1" PVC	1
	Redução 1" x ¼" PVC	1
	Redução 2" x 1" PVC	1
	Registro esfera ½" PVC	1
	Registro esfera 1" PVC	1
	Registro esfera 1" PVC	9
	Tê 1" PVC	1
	Tê 2" PVC	1
	Válvula hidráulica	9
B	CAVALETE	
	Curva de 90° de PVC 2"	6
	Filtro de tela auxiliar	1
	Luva de união de 2"	1
	Manômetro	2
	Niple de PVC 2"	3
	Saída de água para os injetores de fertilizante	1
	Válvula manual ou registro de PVC 2"	1
	Válvula reguladora de pressão	1
C	ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO E FILTRAGEM	
	Curva de saída de bomba F.G. 3"	1
	Eletrobomba com sucção completa	1
	Filtro automático 4" com flanges, curva e luva de união em F.G. 4"	1
	Manômetro	1
	Registro 3"	1
	Válvula de alívio	1
	Válvula-de-pé F.G. 4"	1
Válvula ventosa montada em tê de 4" com bucha de redução F.G. 4"x2"	1	

Continua...

Continuação

Item	Descrição	Quantidade
D	TUBULAÇÃO PRINCIPAL	
	Tubo de 16 mm PE (linhas laterais)	1.200
	Tubo de 16 mm PE gotejador 3,6 l/h cada metro (linhas laterais)	4.500
	Tubo de 20 mm PE (linhas laterais)	2.100
	Tubos de 25mm PE (linhas secundárias)	4.500
	Tubos de 32mm PE (linhas principais)	1.300
	Tubos de 50 mm PVC	2
	Tubos de 75mm PVC	24
	Tubos de 100mm PVC	20
E	EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO E CONTROLE AUTOMÁTICO	
	Controlador GAL-COMPACT de 12 V com bateria	1
	Haste de ferro (tubo de 1") e barra para solenóides	3
	Hidrômetro de pulso elétrico	3
	Hidrômetro totalizador	9
	Placa solar	1
	Válvula hidráulica	9
	Válvula solenóide com conexões de comando hidráulico	9
F	EQUIPAMENTO DE FERTIRRIGAÇÃO	
	Bomba injetora	3
	Filtro auxiliar	3
	Registros e conexões de engate rápido	3
	Reservatório para solução	3

Nota: F.G. = Ferro galvanizado.

COCO

R1S1L2	R2S3L1	R3S2L3	R4S2L2
R1S2L1	R2S2L2	R3S3L2	R4S3L1
R1S1L3	R2S1L3	R3S1L1	R4S1L2
R1S3L2	R2S1L1	R3S2L2	R4S1L3
R1S2L2	R2S2L3	R3S3L1	R4S3L2
R1S3L1	R2S3L3	R3S3L3	R4S2L1
R1S1L1	R2S2L1	R3S2L1	R4S1L1
R1S3L3	R2S1L2	R3S1L2	R4S2L3
R1S2L3	R2S3L2	R3S1L3	R4S3L3

MARACUJÁ

R1S3L3	R2S1L3	R3S2L3	R4S3L2
R1S2L3	R2S1L2	R3S3L3	R4S1L2
R1S1L1	R2S2L1	R3S1L1	R4S2L1
R1S2L1	R2S3L3	R3S3L1	R4S3L3
R1S3L2	R2S3L1	R3S2L2	R4S2L3
R1S1L3	R2S2L2	R3S3L2	R4S1L1
R1S1L2	R2S1L1	R3S1L3	R4S1L3
R1S3L1	R2S3L2	R3S2L1	R4S2L2
R1S2L2	R2S2L3	R3S1L2	R4S3L1

ACEROLA

R1S1L3	R2S3L2	R3S1L2	R4S3L1
R1S2L2	R2S1L1	R3S1L3	R4S2L2
R1S3L1	R2S2L1	R3S2L1	R4S1L3
R1S3L3	R2S1L2	R3S3L2	R4S1L1
R1S2L3	R2S1L3	R3S2L2	R4S2L3
R1S1L2	R2S3L3	R3S3L1	R4S3L3
R1S2L1	R2S3L1	R3S1L1	R4S2L1
R1S1L1	R2S2L2	R3S3L3	R4S1L2
R1S3L2	R2S2L3	R3S2L3	R4S3L2

Legenda:

R = REPETIÇÃO; S = SISTEMA DE IRRIGAÇÃO; L = LÂMINA DE IRRIGAÇÃO.

S1 = MICROASPERSÃO; S2 = GOTEJAMENTO SUPERFICIAL; S3 = GOTEJAMENTO SUBTERRÂNEO

Figura 1. Esquema do delineamento estatístico dos experimentos com os tratamentos já casualizados.

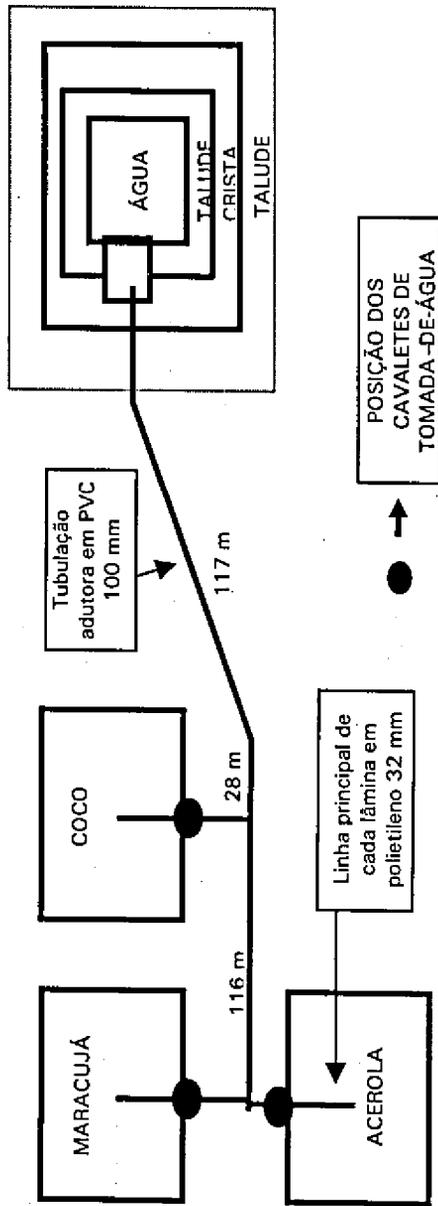


Figura 2. Esquema de disposição no campo dos experimentos com sistemas e lâminas de irrigação em fruteiras tropicais.

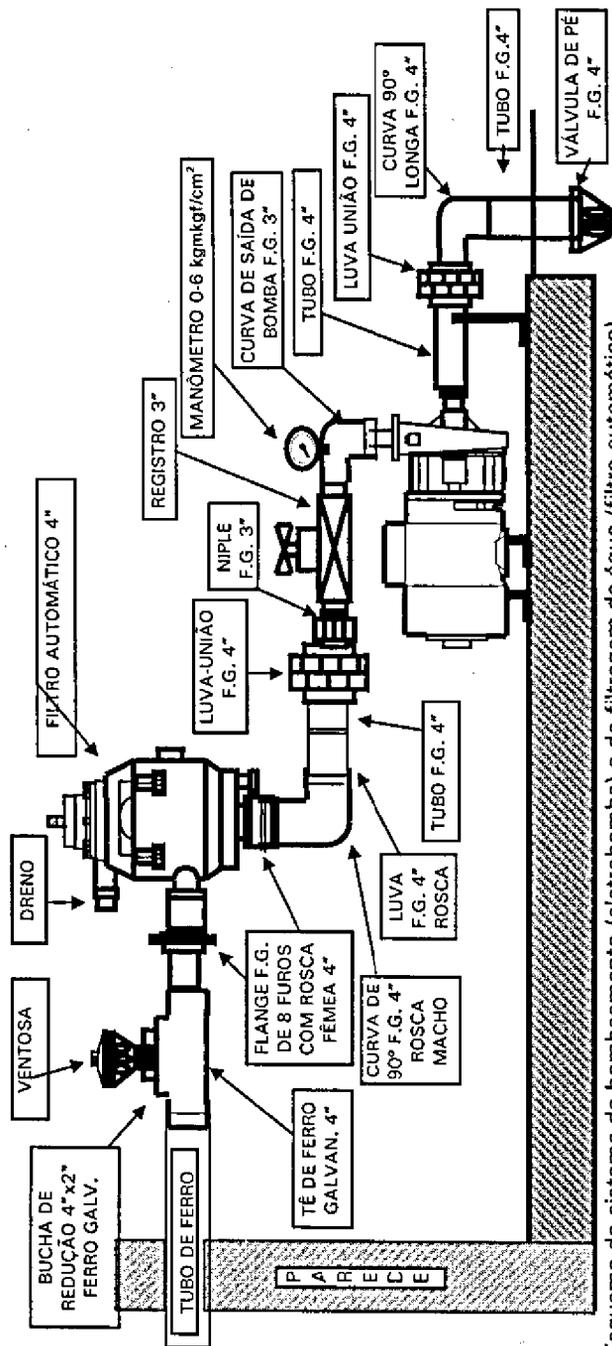


Figura 3. Esquema do sistema de bombeamento (eletrobomba) e da filtragem de água (filtro automático).

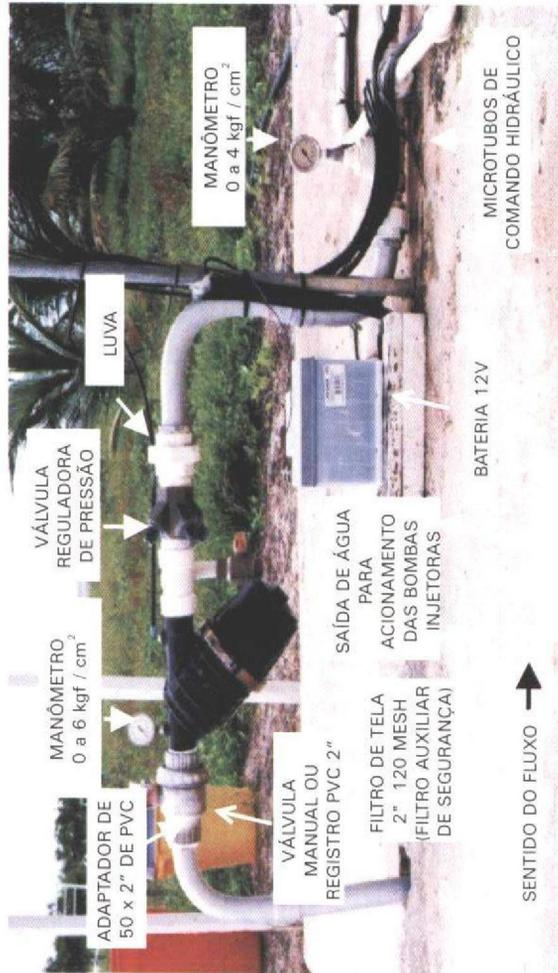


Figura 4. Cavelete de tomada de água para cada experimento.



Figura 5. Valeta principal da área de um experimento com um tubo para cada um dos nove tratamentos.

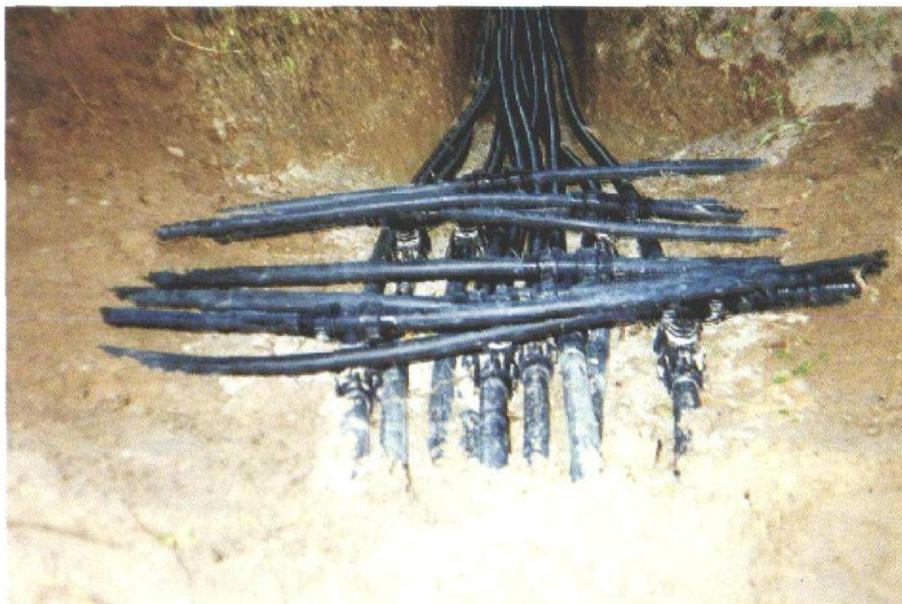


Figura 6. Detalhe de um ponto de cruzamento da tubulação de polietileno de 32 mm com a de 25 mm que conduz água às parcelas, de acordo com o delineamento estatístico.

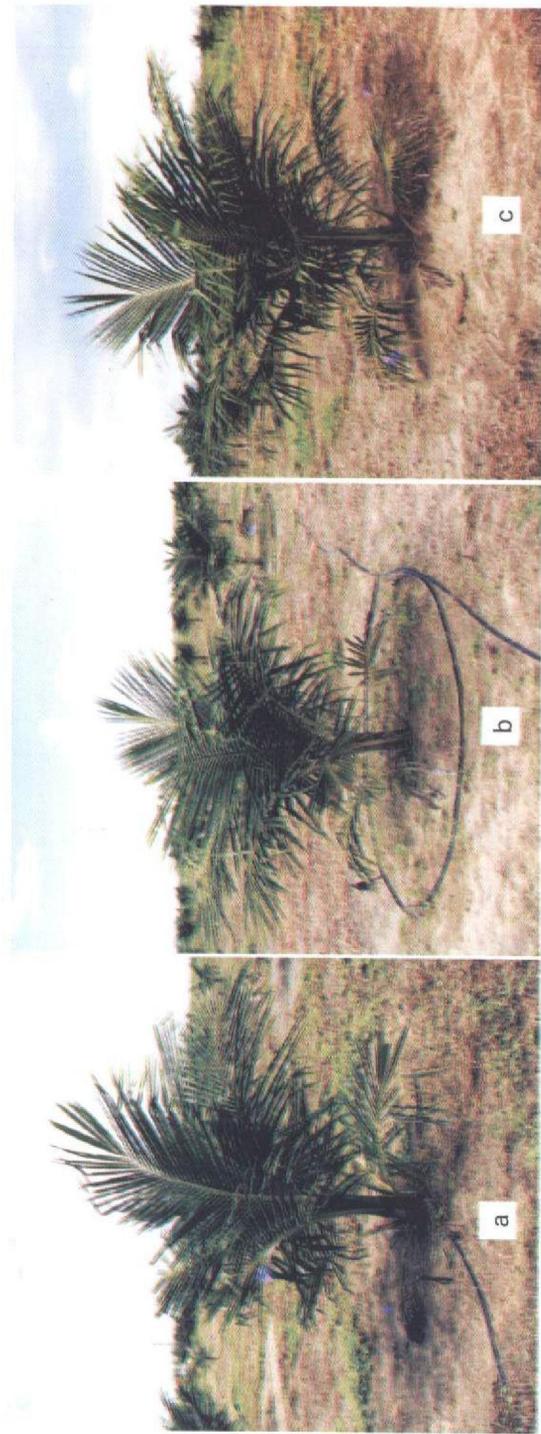


Figura 7. Aspecto da disposição das laterais e dos emissores de irrigação na cultura de coco anão verde: a) microaspersão (um microaspersor); b) gotejamento (rabo-de-porco ou anel auxiliar na superfície) e c) gotejamento subterrâneo (rabo-de-porco ou anel auxiliar enterrado).

a



b



c



Figura 8. Aspecto da disposição das laterais de irrigação na cultura de acerola:
a) microaspersão; b) gotejamento e c) gotejamento subterrâneo.

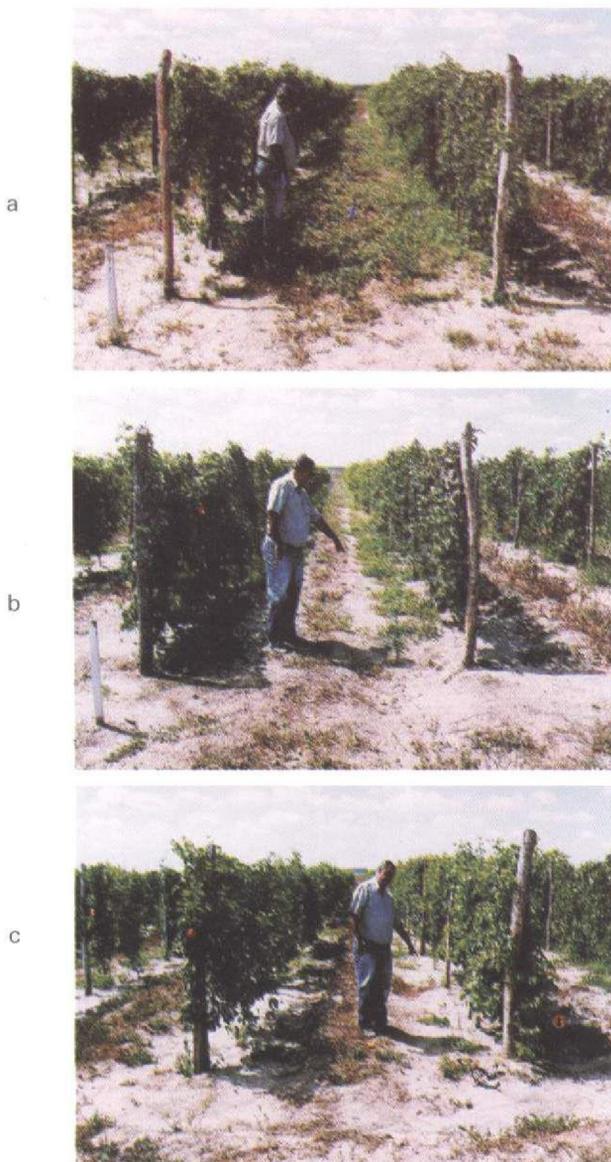


Figura 9. Aspecto da disposição das laterais de irrigação na cultura do maracujá e do efeito dos sistemas de irrigação localizada sobre o surgimento de plantas daninhas na área cultivada: a) microaspersão, b) gotejamento e c) gotejamento

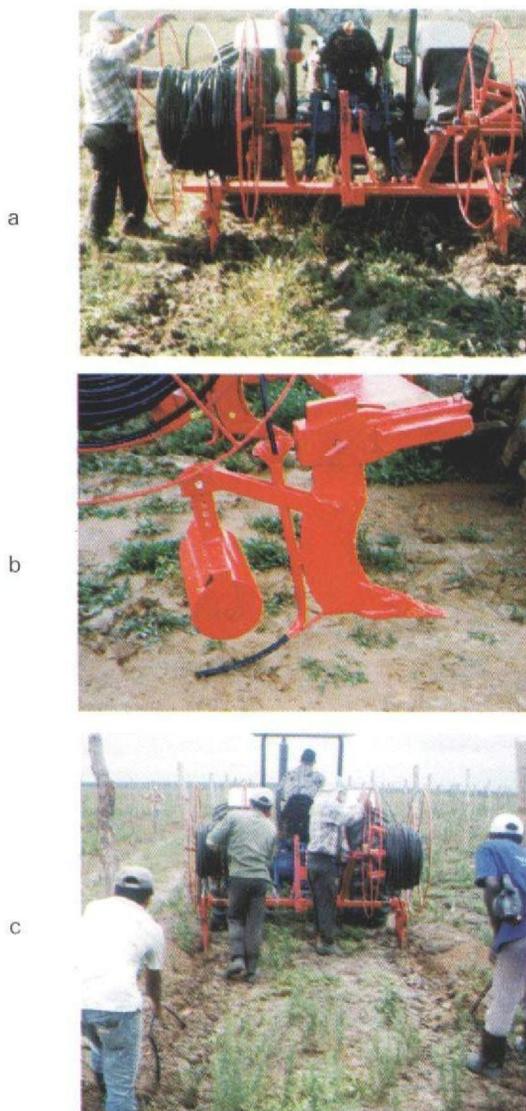


Figura 10. Aspectos do implemento usado para enterrar as laterais de gotejamento subterrâneo e da forma de sua operação, a) acionamento do rolo de mangueira, b) aspecto da haste e do tubo condutor da mangueira, c) implantação simultânea de duas mangueiras.



Figura 11. Aspectos do experimento com coco anão verde: (a) porte da planta aos três meses de idade e a área circular molhada pelo microaspersor com bailarina de pequeno alcance e (b) posição de funcionamento do "rabo-de-porco" (ou anel auxiliar) durante a fase jovem da cultura.

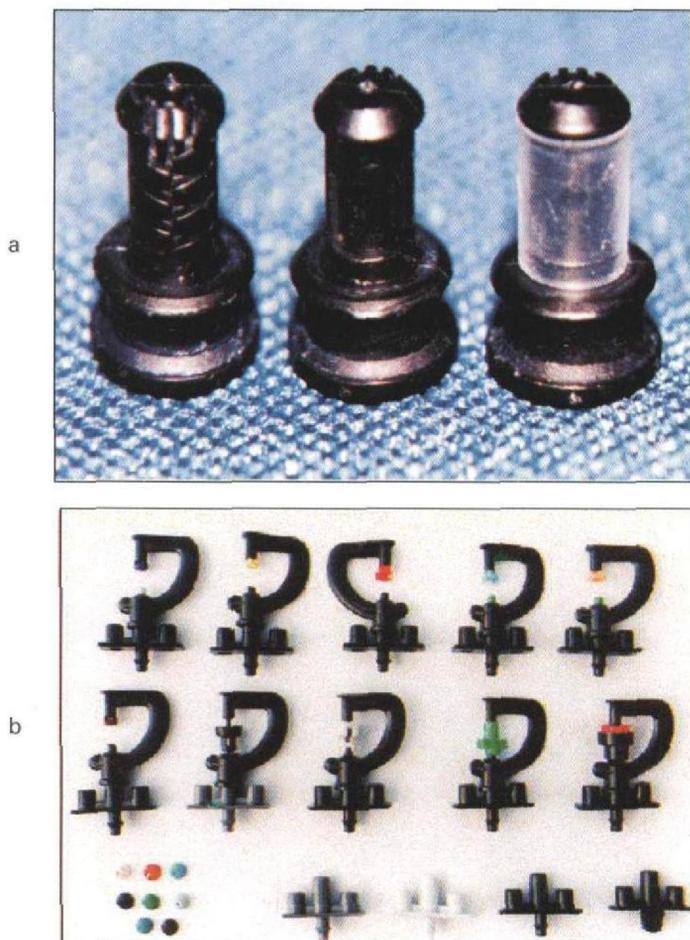


Figura 12. Aspectos dos emissores utilizados nos experimentos: (a) gotejador autocompensante e autolimpante e (b) microaspirador com peças intercambiáveis.



Figura 13. Vista de frente do cabeçal de controle do experimento de acerola, no Platô de Neópolis.

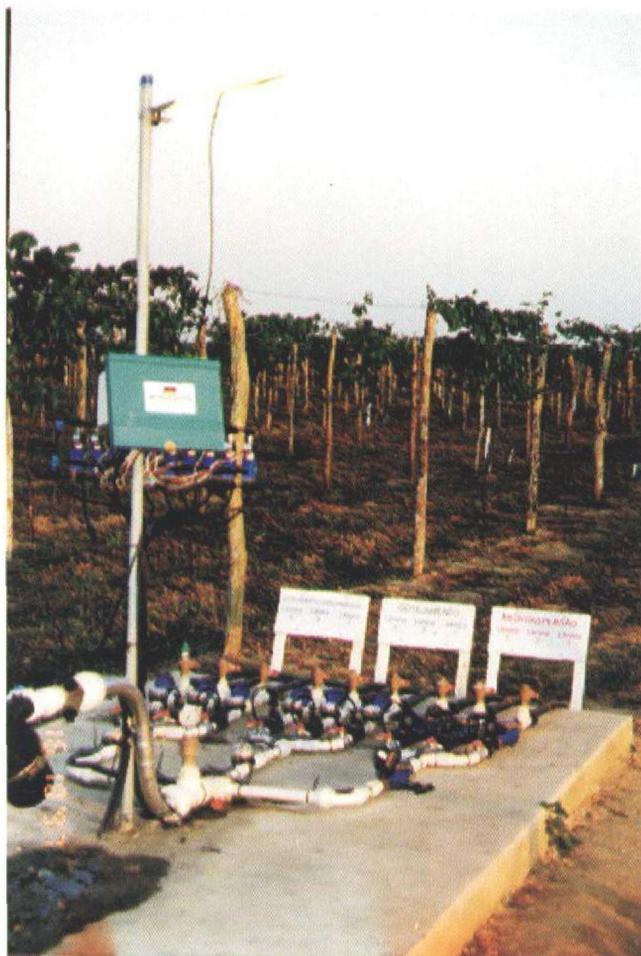


Figura 14. Vista de frente do cabeçal de controle do experimento de maracujá, no Platô de Neópolis.



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

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Av. Beira-Mar, 3250, Caixa Postal 44
CEP 49001-970, Aracaju, SE
Fone (0**79) 217-1300 Fax (0**79) 217-6145
E-mail: sac@cpatc.embrapa.br*

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil