

09535

CNPMP

2001

FL-09535

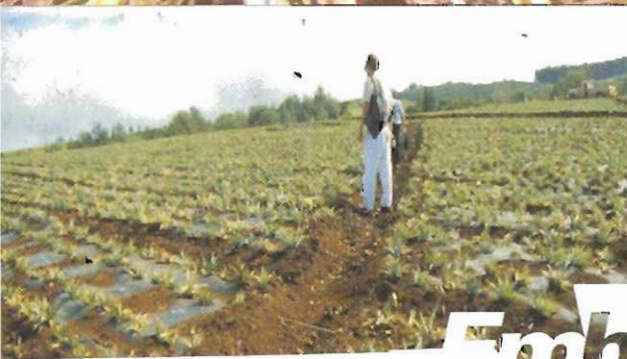
Técnica

ISSN 1516-5612
Agosto, 2001



IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO ABACAXI

Aspectos Técnicos e Econômicos



Embrapa

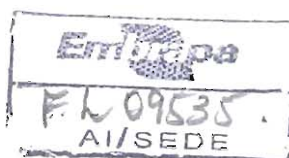
Irrigação na cultura do .
2001

FL-09535



AI SEDE- 36711-1

CIRCULAR TÉCNICA Nº 41



ISSN 1516-5612
Agosto, 2001



IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO ABACAXI: ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

Otávio Alvares de Almeida



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

EMBRAPA, 2001

Embrapa Mandioca e Fruticultura, Circular Técnica, 41

Exemplares desta publicação podem ser solicitados a:

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa, s/nº - Caixa Postal 007

Telefone: (75) 621-8000

Fax: (75) 621-1118 - sac@cnpmf.embrapa.br

CEP: 44380-000 - CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - BRASIL.

Tiragem: 1.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Aristoteles Pires de Matos - *Presidente*

Alfredo Augusto Cunha Alves - *Representante da CNA*

Mana da Paixão Neres de Souza - *Secretária*

Jorge Luiz Loyola Dantas - *Membro*

Paulo Ernesto Meissner Filho

Antonio Alberto Rocha Oliveira

Ranulfo Corrêa Caldas

Antonio Souza do Nascimento

Aldo Vilar Trindade

Setor de Informação - SIN

Atividades de Editoração e Gráfica

Marineusa Silva Gonçalves

ALMEIDA, O.A. de. **Irrigação na cultura do abacaxi: aspectos técnicos e econômicos**. Cruz das Almas, BA: *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 2001. 35p. 23,5 cm. (*Embrapa Mandioca e Fruticultura*. Circular Técnica nº 41). Bibliografia p.34 a 35. ISSN 1516-5612.

1. Ananas comosus - 2. manejo irrigação - 3. custo.

CDD. 634.774

© *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, 2001

SUMÁRIO

Página

1. Introdução	5
2. Necessidades Hídricas do Abacaxizeiro	5
3. Métodos de Irrigação	7
3.1. Irrigação por Superfície e Subsuperfície	7
3.2. Irrigação Localizada	7
3.3. Irrigação por Aspersão	8
4 - Manejo da Irrigação	9
4.1 - Condições Desejáveis para um bom Manejo:	10
4.1.1 - Projeto de Irrigação Bem Elaborado	10
4.1.2 - Equipamento de Irrigação de Boa Qualidade	10
4.1.3 - Treinamento do Irrigante	11
4.1.4 - Avaliação da Instalação	11
4.1.4 - Avaliação da Instalação	11
4.1.5 - Manejo da Irrigação	11
5 - Quando Irrigar o Abacaxizeiro?	11
6. Cálculo da Lâmina de Irrigação	13
7. Métodos Para Manejo da Irrigação	14
7.1 - Cálculo do Turno de Rega	14
7.2 - Com Base na Evaporação do Tanque “Classe A”	16
7.2.1. Precipitação Efetiva e Precipitação Provável	18
7.2.1.1 – Exemplo de Aplicação	21
7.3 - Utilizando-se de Tensiômetro	21
8. Exemplos Práticos para o Manejo da Água de Irrigação	24
8.1 – Cálculo do Turno de Rega	21
8.1.2 – Lâmina de Manutenção:	21
8.1.3 - Evapotranspiração da Cultura (Etpc)	21
8.1.4 – Turno de Rega (Tr)	26
8.1.5 – Umidade de Irrigação (Ui)	26
8.1.6 – Turno De Rega (Tr)	26
8.2 – Com Base na Evaporação do Tanque Classe A	26
8.3 – Utilizando-se de Tensiômetro	27
8.3.1 – Tensão de Água no Solo para reinício da Irrigação (Ψ_m)	27
9. Custo da Irrigação na Cultura do Abacaxi	29
9.1. Determinação do Custo Anual Variável	29
9.1.1 → Custo de Energia de Bombeamento	30
9.1.2 – Consumo do Motor	30
9.1.2.1 – Volume de Água	30
9.1.2.2 - Vazão da Bomba	30
9.1.2.3 - Potência Absorvida	31
9.1.2.4 - Potência Instalada	31
9.2 - Exemplo de Cálculo	32
9.2.1 - Custo Anual Fixo	32
9.2.2 - Custo Anual Variável (Considerando-se apenas o Custo de Energia)	32
9.2.3 - Custo da Irrigação	33
9.2.4 - Equivalência Produto	33
10. Referências	34

IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO ABACAXI: ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

Otávio Alvares de Almeida¹

1. INTRODUÇÃO

A irrigação tem sido uma prática ainda pouco usada em plantios de abacaxi no Brasil. A localização das principais zonas produtoras em regiões com pluviosidade relativamente alta, mesmo mal distribuída, o custo elevado para a implantação e manutenção de equipamentos de irrigação e dificuldades de acesso a financiamentos têm sido os principais responsáveis pelo limitado uso da irrigação nesta cultura. Além disso, a insegurança quanto à comercialização e aos preços do fruto, com a conseqüente falta de garantia de retorno econômico aos investimentos relativos à irrigação, dificultam a adoção desta técnica.

Entretanto, nos últimos anos tem aumentado consideravelmente a área de cultivo de abacaxi sob condições de irrigação. Isso se deve ao acirramento da competição nos mercados que têm dado relevância cada vez maior ao emprego de técnicas modernas de cultivo que resultem na elevação da produtividade e da qualidade da produção, além de permitir o deslocamento das colheitas para períodos de entressafra, com preços mais favoráveis do produto.

Desta forma, o uso da irrigação pode tornar a oferta de abacaxi mais uniforme ao longo do ano, o que é fundamental para a conquista e a manutenção de novos mercados do produto. Além disso, a cultura do abacaxi tem se tornado uma alternativa muito procurada para projetos agro-industriais, sobretudo na região semi-árida e no cerrado, onde a pluviosidade insuficiente, em volume e em distribuição, inviabiliza a exploração econômica da cultura sem irrigação.

2. NECESSIDADES HÍDRICAS DO ABACAXIZEIRO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é tido como uma planta com necessidades hídricas relativamente reduzidas, se comparado com outras plantas cultivadas. A sua adaptação a condições de deficiência hídrica decorre de uma

¹ Eng. Civil, pesquisador da *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, CP. 007, CEP 44.380-000, Cruz das Almas, BA, Fone 0xx75 621 8000, Fax 0xx75 621 1118, otavio@cnpmf.embrapa.br.

Na realidade existem vários métodos que podem ser utilizados para o estabelecimento de estratégias de manejo de irrigação. Cada método se baseia, de alguma forma, em avaliações do grau de deficiência de água, em um ou mais componentes do sistema solo-água-planta-atmosfera. Os métodos que usam diretamente a planta para avaliação de deficiência hídrica ainda não possuem a praticidade e a confiabilidade necessárias para utilização em nível de produtor.

4.1 - CONDIÇÕES DESEJÁVEIS PARA UM BOM MANEJO:

Considerando-se a irrigação como sendo a aplicação artificial, oportuna e uniforme de água ao perfil do solo na sua zona de enraizamento ou rizosfera, para repor a água que foi consumida pelas plantas, pela evaporação ou pela drenagem entre duas regas consecutivas, a fim de manter o bom desenvolvimento e a boa produção das culturas, é preferível não irrigar do que fazê-lo inadequadamente.

Por isso, a irrigação deve ser feita de acordo com a melhor técnica, exigindo:

4.1.1 - Projeto de irrigação bem elaborado - O projeto de irrigação consiste no dimensionamento de todo sistema de distribuição de água à lavoura, de acordo com a sua necessidade. Envolve a determinação: da quantidade de água que o solo pode armazenar até a profundidade efetiva do sistema radicular do abacaxizeiro (0,20 m); da velocidade de infiltração da água aplicada a fim de evitar escoamento superficial e, conseqüentemente, a perda do solo agricultável; das tubulações hidráulicas, das bombas e dos canais; do “lay - out” da instalação, devendo ser feito por especialistas no assunto, devidamente habilitados;

4.1.2 - Equipamento de irrigação de boa qualidade - O equipamento utilizado na instalação de irrigação deve apresentar no campo o mesmo desempenho que o fabricante manda colocar nos seus catálogos, a fim de que a quantidade de água fixada no projeto a ser fornecida às plantas realmente ocorra. Nesse contexto, a idoneidade e o controle de qualidade estabelecido pelo fabricante é de fundamental importância. Nem todos os fabricantes mantêm o mesmo rigor no controle da qualidade dos seus equipamentos, ainda que muitos deles apresentem vistosos e bem elaborados catálogos. Outro aspecto a ser observado, que ocorre em muitas revendas, é a substituição do equipamento listado no projeto por outro semelhante, que existe no estoque do revendedor, podendo este não dar o mesmo desempenho. Uma atenção particular deve ser dada no caso das bombas, as quais podem operar com diferentes dimensões de rotores,

série de características morfológicas e fisiológicas típicas de plantas xerófilas, tais como a capacidade de armazenar água na hipoderme das folhas, de coletar água eficientemente, inclusive o orvalho, por suas folhas em forma de canaleta, e de reduzir consideravelmente as perdas de água (transpiração) por meio de vários mecanismos. Entre estes destaca-se a redução da carga térmica sobre as folhas devido a alta reflexão dos raios solares da superfície destas em função da presença dos tricomas (pêlos de cor prateada), associado à distribuição espacial e ao porte ereto das folhas que permitem, respectivamente, uma ventilação adequada e uma redução no ângulo de incidência dos raios solares. A transpiração é minimizada ainda, pelo revestimento da epiderme foliar por uma cutícula espessa, o fechamento dos estômatos durante grande parte do dia, a baixa densidade estomática e a localização dos estômatos ao longo de sulcos pequenos e paralelos protegidos por tricomas, na face inferior (abaxial) das folhas.

A reduzida taxa de transpiração (0,3 a 0,5 mg de água/cm² de área foliar/hora), cerca de dez vezes menor que aquela de plantas mesofíticas, associada ao metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), de assimilação predominantemente noturna de gás carbônico (CO₂), característica única do abacaxizeiro frente às demais plantas cultivadas em grande escala, confere à planta uma alta eficiência no uso de água, consumindo menos de 100 g de água para cada grama de matéria seca acumulada (Ekern, 1965; Py et al., 1984).

A demanda de água do abacaxizeiro varia ao longo do ciclo da planta e a depender do seu estágio de desenvolvimento e das condições de umidade do solo, pode ser de 1,3 a 5,0 mm/dia (Pinon, 1978; Medcalf, 1982; Combres, 1983; Py et al., 1984). Um cultivo comercial de abacaxi exige em geral uma quantidade de água equivalente a uma precipitação mensal de 60 a 150 mm (Py et al., 1984). Assim sendo, necessitando o abacaxizeiro de umidade no solo decorrente de precipitação anual média entre 600 mm até 3500 a 4000 mm (Py et al., 1984), sendo a faixa ideal entre 1000 e 1500 mm/ano (Pinon, 1978; Medcalf, 1982; Combres, 1983; ; Py et al., 1984) de precipitação bem distribuída para que ocorra o sucesso do seu crescimento, tornando-se necessária a irrigação nos locais onde tal situação não é alcançada.

Segundo Neild e Boshell (1976), em áreas com pluviosidade anual inferior a 500 mm o abacaxi só deve ser cultivado com irrigação. E que, mesmo em áreas com pluviosidade total anual acima da faixa considerada ideal (100 a 1500 mm/ano), a irrigação é necessária, se ocorrer um período de três meses consecutivos com chuvas inferiores a 15 mm/mês ou de quatro meses com menos de 25 mm/mês ou ainda, cinco meses com chuvas inferiores a 40 mm/mês. Tais informações foram confirmadas por Almeida et al (1999), em trabalho realizado com a cultivar

Smooth Cayenne, em Jaíba, Norte de Minas Gerais, onde uma parcela irrigada, mesmo sendo abastecida com cerca de 780 mm durante o ano, por haver recebido lâminas de água menores que 15 mm durante 6 meses, não produziu ou os frutos produzidos não tinham nenhum valor comercial. Uma outra parcela, que recebeu 980 mm de água, porém ocorreram 5 meses com lâminas menores que 40 mm, sua produção foi 50% menor e a porcentagem de frutos grandes e médios (frutos de valor comercial), três vezes menor que as parcelas que não tiveram problemas de déficit hídrico.

3. MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO

Não se tem informações sobre restrições de métodos de irrigação para a cultura do abacaxizeiro. Entretanto, a escolha criteriosa de um sistema de irrigação para uma determinada área, envolve uma adequada caracterização dos recursos hídricos, solos, topografia, clima e do próprio elemento humano. Todos esses fatores associados determinam as condições que deverão ser atendidas pelo sistema de irrigação, permitindo estabelecer as alternativas que melhor se adaptem às mesmas e, pelas análises técnica e econômica apropriadas, conduzir a uma escolha plenamente satisfatória.

Existem basicamente quatro formas de aplicação de água que caracterizam os principais métodos de irrigação: subsuperfície, superfície, localizada e aspersão.

3.1. Irrigação por superfície e subsuperfície

De um modo geral, os sistemas de irrigação por subsuperfície e por superfície, não são utilizados na cultura do abacaxi. O primeiro por necessitar da elevação do nível freático até muito próximo da superfície e, devido à pouca profundidade do sistema radicular do abacaxizeiro, pode provocar encharcamento na área, caso o terreno não esteja bem sistematizado, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, a produção, além do risco de salinização do solo. Já o segundo, utilização dos sistemas superficiais (sulcos, faixas, bacias em nível e tabuleiro), por estar 70% do sistema radicular do abacaxizeiro localizado dentro de 20 cm de profundidade do solo e a cultura exigir solos bem drenados, acarreta uma perda excessiva de água, além da possibilidade de saturação do solo em alguns trechos, causando danos para a cultura no seu desenvolvimento e na sua produtividade.

3.2. Irrigação localizada

Dos sistemas de irrigação localizada de alta frequência o gotejamento é o mais utilizado na cultura do abacaxi, principalmente onde a disponibilidade de

água é limitada, os custos de mão-de-obra são altos e as técnicas culturais são avançadas. Isso porquê estando sua eficiência de aplicação entre 80 e 95%, pode facilmente ser automatizado, além de poder aplicar fertilizante e defensivo agrícola, via água de irrigação. É utilizado comumente no Havaí associado ao uso de filme de polietileno como cobertura do solo nas linhas de plantio para reduzir a evaporação.

Segundo Combres (1983), esta técnica tem muitos inconvenientes na cultura do abacaxi:

- ◆ Necessidade de água limpa de impurezas submetida, geralmente, a filtrações sucessivas, demandando, ainda, uma manutenção rigorosa e limpeza freqüente do equipamento;
- ◆ Custo excessivamente elevado em função da alta densidade de plantio da cultura do abacaxi. Para um hectare de abacaxi plantado em fileira dupla com espaçamento de 0,90 x 0,40 x 0,30m, seriam necessários 77 linhas de gotejadores, uma para cada fileira dupla, com 100 m de comprimento cada totalizando 7.700 metros /ha e os gotejadores muito próximos um do outro, para a formação de um bulbo mais superficial, devido a pouca profundidade do sistema radicular do abacaxizeiro.
- ◆ A difusão da água no solo dificultaria a utilização do sistema na cultura do abacaxi sem o uso da cobertura do solo com o filme de polietileno.

Saliente-se ainda, que com sistema de irrigação por gotejamento a absorção da água pela planta se dá apenas pelas raízes, necessitando, portanto, que o seu sistema radicular esteja bem desenvolvido e livre de pragas e doenças para ocorrer a eficiência desejada

Já o sistema de irrigação por microaspersão, mesmo tendo também a mesma faixa de eficiência e oferecendo melhores condições de adaptabilidade à cultura que a irrigação por gotejamento, tem como inconvenientes a necessidade de elevação das hastes suportes dos microaspersores a fim de possibilitar atingir uma área maior aspergindo da água sobre a planta e, também, a necessidade de filtragem da água como no gotejamento. Este sistema de irrigação vem sendo utilizado quando o abacaxizeiro é plantado como cultura secundária, nas entrelinhas de pomares de manga, acerola, coco etc., num processo de introdução da cultura no semi-árido nordestino.

3.3. Irrigação por aspersão

Mesmo tendo uma eficiência de aplicação menor que os sistemas de irrigação localizada de alta freqüência, a irrigação por aspersão possibilita uma adaptação quase perfeita em quase todas as situações existentes na agricultura

irrigada (Ollita, 1984; Daker, 1984; Bernardo, 1989). Com relação ao abacaxizeiro essa adaptação é devido ao formato e à distribuição de suas folhas, o que possibilita uma melhor captação de água, aumentando a absorção pelas plantas através das raízes adventícias superiores.

Os sistemas de irrigação por aspersão mais representativos são: aspersão convencional, linhas laterais autopropelidas com deslocamento linear (lateral rolante) ou radial (pivô central), aspersores autopropelidos (com ou sem cabos de tração) e montagem direta.

Não se tem restrições à utilização de nenhum dos sistemas de irrigação por aspersão supra citados, desde que sejam dimensionados corretamente, evitando-se com isso que através dos respingos as partículas do solo atunjam a roseta foliar (olho da planta), o que poderá resultar na inibição do desenvolvimento e até na morte da planta.

Outro fator importante e que deve ser considerado quando da utilização dos sistemas de irrigação por aspersão, é a velocidade de infiltração de água no solo. Ela determina o tempo em que se deve manter a água na superfície do solo ou a duração da aspersão, de modo que se aplique uma quantidade desejada de água (Bernardo 1989), sem provocar escoamento superficial e, conseqüentemente, a perda do solo agricultável. O conhecimento da VIB (velocidade de infiltração básica) em um tipo de solo proporciona a definição da escolha de aspersores ou emissores cuja intensidade de aplicação de água (IA), seja menor ou igual que a VIB.

4 - MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O manejo racional de qualquer projeto de irrigação deve considerar os aspectos sociais e ecológicos da região e procurar maximizar a produtividade e a eficiência de uso da água e minimizar custos, quer seja de mão de obra, quer de capital, mantendo as condições de umidade do solo e de fitossanidade favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura irrigada. Deve-se, também, ter em mente a necessidade de melhorar ou, no mínimo, manter as condições físicas, químicas e biológicas do solo, pois isto afetará em muito o período de vida útil do projeto.

Um bom programa de irrigação pode beneficiar a cultura do abacaxi de muitos modos, a saber: aumentando a produtividade, reduzindo o ciclo, permitindo a programação do cultivo de modo a possibilitar a obtenção de frutos na entressafra, proporcionando a introdução da cultura em áreas onde a precipitação pluviométrica é insuficiente com decréscimo do risco de investimento e possibilitando maior eficiência no uso de fertilizantes.

proporcionando situações de vazão e de altura de recalque completamente diferentes.

4.1.3 - Treinamento do irrigante - Entende-se por irrigante, o operador do sistema de irrigação. Muitas vezes o agricultor investe muito na aquisição de um equipamento de irrigação e depois entrega para um operador totalmente desqualificado, que obviamente fará uma utilização inconveniente do equipamento e, conseqüentemente, a aplicação de água não será adequada. Portanto, o irrigante deve ter uma noção de agricultura irrigada, manutenção do equipamento, cuidados necessários e técnicas de operação;

4.1.4 - Avaliação da instalação - Consiste numa série de medições de campo que mostram como está o desempenho do equipamento. Determina-se a uniformidade de distribuição de água na área irrigada, sua eficiência de aplicação, lâmina de água aplicada etc., que em seu conjunto retratam o desempenho do sistema. Trata-se de um verdadeiro certificado de qualidade do equipamento instalado, pois qualquer falha de projeto, do equipamento, da instalação e mesmo de operação é traduzida nos resultados. A avaliação de uma instalação deve ser feita logo após a entrega pelo fabricante, devendo serem feitas reavaliações periodicamente; e

4.1.5 - Manejo da irrigação - O manejo da irrigação vem a ser quando e quanto de água a ser aplicada em cada irrigação. Quando o técnico elabora um projeto de irrigação, ele determina, em função da capacidade de retenção de água do solo, da evapotranspiração da cultura e da eficiência do método de irrigação, a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação e o intervalo ou frequência das aplicações. Geralmente, isso é fixado em função do estágio de maior exigência hídrica do ciclo da cultura. Tal exigência depende também das condições climáticas, por afetar diretamente a evapotranspiração da cultura. Envolve, portanto, não só os aspectos ligados ao controle operacional e manutenção do sistema de irrigação, mas também todo o procedimento da irrigação propriamente dita, isto é, quando iniciar e quando interromper a estação de rega, o intervalo de irrigação, como considerar chuvas que ocorrem dentro da estação de rega.

5 – QUANDO IRRIGAR O ABACAXIZEIRO?

Uma vez conhecidos os períodos fenológicos mais importantes da cultura, deve ser definida a frequência com que será aplicada a irrigação, a fim de que a cultura atinja o seu potencial máximo de desenvolvimento e produtividade.

Os períodos de diferenciação floral e de “enchimento do fruto” foram considerados por Medcalf (1982) as épocas mais críticas durante o ciclo da planta, em relação aos efeitos negativos do estresse hídrico sobre o rendimento da cultura.

Em geral, a demanda hídrica da planta aumenta com a idade e o grau de desenvolvimento vegetativo atingido. As necessidades hídricas são, portanto, menores durante o início do ciclo vegetativo. No entanto, o suprimento hídrico é crítico durante os primeiros dois meses após o plantio, fase de emissão de raízes (Combres, 1983; Du Pressis, 1989), cujo déficit hídrico nesta fase pode causar uma desuniformidade no crescimento das plantas, prejudicial ao manejo e ao rendimento da cultura. A partir do terceiro mês, as necessidades hídricas da planta crescem com o desenvolvimento foliar. Este crescimento se acelera a partir do sexto mês após o plantio, atingindo um máximo por ocasião da época de diferenciação floral (entre o tratamento de indução floral e o início da floração, um período de 60 a 70 dias). Durante o desenvolvimento do fruto a demanda hídrica permanece neste patamar, porém a planta e, sobretudo, a qualidade organoléptica do fruto são bastante sensíveis a um excesso de água nesta fase, com um pico de sensibilidade a cerca de um mês da colheita (IRFA, 1984). Por outro lado, um período de deficiência de água durante a fase de desenvolvimento do fruto pode também afetar seriamente o peso do fruto, que pode cair em até 750 g na cv. Smooth Cayenne (Combres, 1983).

Sideris & Krauss (1928) observaram que o abacaxizeiro paralisa o seu crescimento se a umidade do solo for apenas 15 % acima da sua umidade higroscópica. Abaixo deste nível de umidade observaram o definhamento do sistema radicular, a diminuição do teor de água nos tecidos foliares, a inibição da assimilação fotossintética e mudanças na coloração das folhas. O crescimento da planta foi bom para umidade do solo 20% a 30% acima da umidade higroscópica.

Segundo Kadzimin, citado por Py et al. (1984), o déficit hídrico reduz o número e o comprimento das raízes, as quais, mesmo após a retomada do crescimento, continuam finas e frágeis.

Outro modo de se avaliar a necessidade de água do abacaxizeiro é pelo exame visual do tecido aquífero (Van Lelyveld, citado por Green, 1963; Medcalf, 1982), após o corte transversal da folha ‘D’ a 1/3 da altura da sua base. A maior ou menor espessura do tecido aquífero (faixa aquosa translúcida) indicará a necessidade de irrigação. Medcalf (1982, complemento) recomendou uma relação de 1:2 entre a espessura deste tecido translúcida e a espessura dos tecidos verdes da folha, para plantas em fase de crescimento vegetativo, e uma relação 1:1 para plantas na fase reprodutiva.

Também o excesso de água prejudica bastante o abacaxizeiro, principalmente por asfixiar as raízes das plantas e por favorecer o ataque de pragas e doenças (Green, 1963; Pinnon, 1978). Segundo Neild e Boshell (1976), dificilmente haverá expectativa de colheita se o abacaxi for plantado em solos de textura argilosa, com problemas de drenagem, onde a precipitação média anual exceda 3000 mm.

6. CÁLCULO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO

Como foi visto, tanto a falta quanto o excesso de água prejudicam o bom desenvolvimento da cultura do abacaxi. Dai, para um bom manejo da irrigação e uma boa condução do abacaxizeiro, devem ser determinadas e/ou conhecidas: as características físicas do solo como “Capacidade de campo”, “Ponto de murcha” e “Densidade global do solo”; a profundidade efetiva do sistema radicular; e, a eficiência do sistema de irrigação, a fim de que a cultura tenha a máxima disponibilidade de água que pode reter o solo. Deve ser aplicada no início do plantio calculada pela seguinte equação:

$$Li = \frac{Cc - Pm}{10} * Ds * Pr \quad (1)$$

em que:

Li = Lâmina de irrigação necessária, em mm

Cc = Capacidade de campo, em % peso;

Pm = Ponto de murcha, em % peso;

Ds = Densidade global do solo, em g/cm³;

Pr = Profundidade efetiva do sistema radicular, em cm, (20,0 cm para o abacaxi) e,

Compensando as perdas ocasionadas pela eficiência do sistema, tem-se que:

$$Lb = \frac{Li}{Ef} \quad (2)$$

em que:

Lb = Lâmina bruta ou lâmina total de irrigação necessária, em mm;

Ef = Eficiência do sistema de irrigação, em decimal.

Isso porque, em qualquer cultura, é aconselhável que a primeira irrigação alcance a profundidade efetiva do sistema radicular, visto que, no seu período de desenvolvimento as lâminas de irrigação utilizadas são para repor a água que foi evapotranspirada pela cultura, não havendo nenhum acréscimo para compensar

o não atingimento da profundidade efetiva das raízes na sua implantação. Em consequência disso, muitas culturas desenvolvem com o sistema radicular muito superficial dificultando a execução de práticas culturais e até ocorrendo o tombamento das plantas.

7. MÉTODOS PARA MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Dentre os métodos conhecidos para manejo da irrigação os mais comumente utilizados são os baseados no turno de rega, na evaporação do tanque classe "A" e na tensão de água no solo.

7.1 - Cálculo do Turno de Rega

Quando não se dispõem de dados e/ou equipamentos que permitam a utilização de um método mais eficiente, define-se o turno de rega (TR), utilizando-se o fator de disponibilidade de água no solo (f), que varia de 0,2 a 0,8, a depender da cultura (Bernardo, 1989), sendo os valores menores usados para culturas mais sensíveis ao déficit de água no solo e os maiores para as culturas mais resistentes.

Relacionando-se o valor de (f) com os valores conhecidos da umidade de capacidade de campo e do ponto de murcha a fim de determinar a umidade do solo no momento da reposição da água, tem-se que:

$$f = \frac{C_c - U_i}{C_c - P_m} \quad (3)$$

em que:

U_i = Umidade do solo no momento da irrigação, em % peso seco.
(Determinada com base na tensão de água no solo recomendada para a cultura e na curva de retenção de água no solo)

O produto deste fator pela lâmina de irrigação necessária (L_i), descontando-se ou não as precipitações efetivas, permite determinar a lâmina de manutenção para a cultura pela equação:

$$L_m = L_i * f = \frac{C_c - P_m}{10} * D_s * P_r * f \quad (4)$$

Substituindo-se o valor de (f) pela equação 3, tem-se que:

$$L_m = \frac{C_c - U_i}{10} * D_s * P_r \quad (5)$$

Dividindo-se a lâmina de manutenção pela evapotranspiração potencial da cultura, obtém-se o turno de rega pela equação:

$$TR = \frac{Lm}{ETPc} \quad (6)$$

em que:

TR = Turno de rega, em dia;

ETPc = evapotranspiração potencial da cultura, em mm/dia;

Outras maneiras podem também definir o turno de rega:

a) Substituindo-se Lm da equação (6) por seu valor na equação (5), tem-se que:

$$TR = \frac{Cc - Ui}{10 * ETPc} * Ds * Pr \quad (7)$$

b) Não se dispondo da curva de retenção de água no solo para determina o valor da U_i , substitui-se Lm da equação (6) por seu valor na equação (4), daí:

$$TR = \frac{Cc - Pm}{10 * ETPc} * Ds * Pr * f \quad (8)$$

c) Ainda, substituindo-se (f) pelo valor adotado para a cultura de abacaxi (0,50) e o valor de Lm da equação (4), na equação (6), tem-se que:

$$TR = \frac{0,50 * Li}{ETPc} \quad (9)$$

d) Para o caso de irrigação suplementar, tem-se que:

$$TR = \frac{0,50 * Li}{ETPc - Pe} \quad (10)$$

em que:

Pe = Precipitação efetiva ou precipitação provável, em mm

Como o turno de rega é calculado a partir de dados históricos da evapotranspiração média mensal, que por sua vez também é distribuída ao longo do mês em questão, existe a possibilidade das lâminas de irrigação serem em quantidades deficientes ou excessivas ao longo do tempo. Assim, a lâmina de água necessária para cada irrigação pode ser calculada utilizando-se a equação (6), considerando-se a ETPc como a efetivamente ocorrida no intervalo de tempo das duas irrigações. Dai,

$$Lmi = TR * ETPci \quad (11)$$

em que:

L_{mi} = Lâmina de manutenção no intervalo entre duas irrigações, em mm

ETP_{ci} = Evapotranspiração do cultivo entre duas irrigações, em mm

Dai, define-se então a lâmina bruta de manutenção da cultura (L_{bm}), como sendo a lâmina que deverá ser aplicada em cada rega, pela equação:

$$L_{bm} = \frac{0,5 * L_i}{E_f} \quad (12)$$

7.2 - Com base na evaporação do tanque “Classe A” .

Tendo o produtor um tanque “Classe A” instalado na fazenda ou mesmo uma estação agroclimatológica nas cercanias onde possa obter os dados diários da evaporação e de posse das Tabelas 1 e 2 que contêm os coeficientes do tanque e da cultura respectivamente, pode facilmente manejar a água de irrigação utilizando-se da equação:

$$ETP_c = K_p * E_t * K_c \quad (13)$$

em que:

K_p = Coeficiente do tanque “Classe A”

E_t = Evaporação do tanque “Classe A” (mm);

K_c = Coeficiente da cultura ;

Adotando-se a frequência de irrigação ou turno de rega fixo ou móvel, a lâmina de reposição é definida pelo somatório da evapotranspiração potencial da cultura, no decorrer do intervalo entre duas irrigações. Conseqüentemente, a irrigação deve ser efetuada com a lâmina determinada pela equação:

$$\sum_{i=1}^n ETP_{ci} \geq L_m \quad (\text{irrigação total}) \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n (ETP_{ci} - P_{ei}) \geq L_m \quad (\text{irrigação suplementar}) \quad (15)$$

Os valores de K_p podem também ser determinados por uma equação apresentada por Cuenca (citado por Marouelli et al, 1994), obtida a partir da Tabela 2, através de uma análise de regressão. Foi derivada apenas para o caso do tanque circundado por grama, sendo bastante útil quando se dispõe de um computador para auxiliar no manejo da irrigação.

TABELA 1 - Coeficiente Kp, do tanque "Classe A", para diferentes tipos de cobertura do solo e nível de umidade relativa e ventos durante as 24 horas.

Vento (Km/dia)	Posição do Tanque R(m)*	Exposição A Tanque circundado por grama UR% (média)			Posição do Tanque R(m)*	Exposição B Tanque circundado por solo nu UR% (média)		
		Baixa <40	Média 40-70	Alta >70		Baixa <40	Média 40-70	Alta >70
Leve <175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,80
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,70
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte >700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Nota: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de Kp em 20%, em condições de alta temperatura e ventos fortes, e de 5 a 10% em condições de temperatura, vento e umidade moderados.

* Maior distância do centro do tanque ao limite da bordadura, na direção predominante do vento

Fonte: Doorembos e Pruitt (1994). (FAO, 1977).

TABELA 2 - Coeficiente de Cultivo (Kc), em função do estágio de desenvolvimento da cultura.

Estádio de desenvolvimento	Caracterização do estágio	Kc
Inicial	Da germinação até a cultura cobrir 10% da superfície do terreno	0,4 a 0,6
Secundário ou de desenvolvimento vegetativo	Do final do primeiro estágio até a cultura cobrir 70 ou 80% da superfície do terreno ou atingir 70 a 80% do seu desenvolvimento vegetativo	Varia linearmente entre os valores no primeiro e terceiro estádios
Intermediário ou de produção	Do final do segundo estágio até o início da maturação (Estádio de produção)	1,0 a 1,2
Final ou de maturação	Do início da maturação até a colheita ou final da maturação	Varia linearmente entre o terceiro estágio e 0,4 a 0,6

Fonte: Bernardo (1989).

$$Kp = 0,475 - 0,24 \times 10^{-3} U_2 + 0,00516 UR + 0,00118 d - 0,16 \times 10^{-4} UR^2 - 0,101 \times 10^{-5} d^2 - 0,8 \times 10^{-8} UR^2 U_2 - 1,0 \times 10^{-8} UR^2 d \quad (16)$$

em que:

Kp = coeficiente do tanque

U_2 = velocidade do vento a 2,0 m da superfície do solo, em km/dia;

UR = umidade relativa do ar, em %;

D = distancia mínima com vegetação ao redor do tanque, em m (d & 1.000 m)

Os valores prováveis dos coeficientes de cultivo para o abacaxizeiro estão representados na Figura 1.

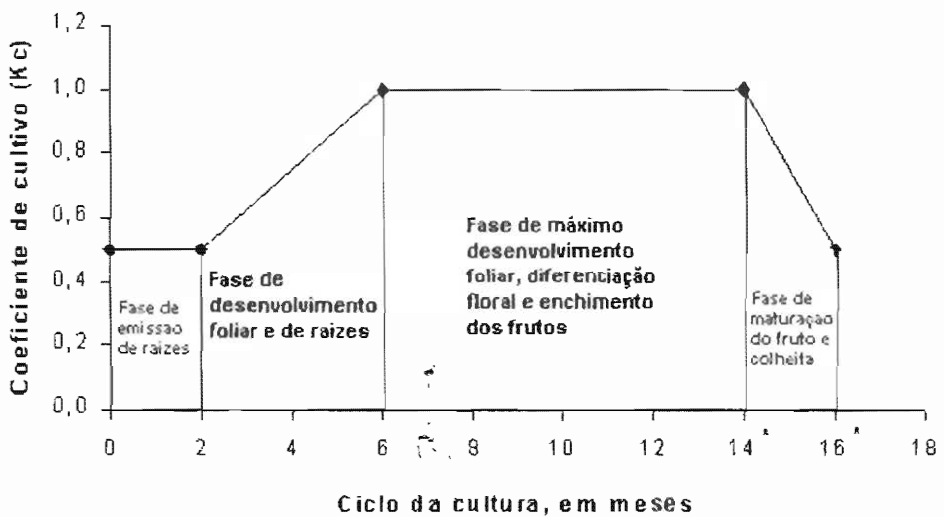


FIGURA 1 – Curva dos prováveis valores do kc para a cultura do abacaxi nos diferentes estádios de desenvolvimento.

(*) – Valores dependentes do estado de desenvolvimento da cultura, variando com o tamanho e peso da muda, tipo de solo, clima e manejo.

7.2.1. Precipitação efetiva e precipitação provável

Segundo Bernardo (1989), existem várias definições para precipitação efetiva, dependendo do objetivo que se tem em mente. Para irrigação,

pode-se definir precipitação efetiva como sendo a parte da precipitação que é efetivamente utilizada pela cultura para atender sua demanda evapotranspirométrica. Ou seja, é a precipitação total menos a parte que escoia sobre a superfície do solo e a parte que percola abaixo do sistema radicular da cultura.

É importante saber que a quantidade de precipitação realmente efetiva, dependerá do teor de umidade do solo imediatamente anterior à precipitação. Quando ocorrer uma chuva imediatamente após uma irrigação, praticamente não haverá efetividade. Quando ocorre poucos dias após a irrigação, a quantidade realmente efetiva será a lâmina que o solo poderá reter até que o seu teor de umidade chegue à “Capacidade de campo”.

Vários são os métodos para determinação da precipitação efetiva. Dentre eles Grassi (1968) citou o método utilizado por Anderson, que consiste em descartar 0,5 polegada (12,5 mm), por cada tormenta e tomar 80% do restante, como seja:

$$Pe = 0,8P - 12,5n \quad (17)$$

em que:

P = Precipitação média do período considerado (mm)

n = Número de períodos

Esse autor citou, também, o método de Blaney-Criddle, que consiste em aplicar coeficientes decrescentes para cada polegada (25 mm) de incremento no total da chuva mensal, conforme a Tabela 3, representada graficamente na Figura 2.

TABELA 3 - Precipitação Efetiva (mm), em função da aplicação de Coeficientes de Aproveitamento na Precipitação mensal.

Precipitação mensal (mm)	Coeficiente de Aproveitamento (mm)	Precipitação Incremento (mm)	Efetiva Acumulada (mm)
25	0,95	24	24
50	0,90	23	47
75	0,82	21	68
100	0,65	16	84
125	0,45	11	95
150	0,25	6	101
175	0,05	1	102

Fonte: Grassi (1968).

Segundo Marouelli et al., (1994), a fim de facilitar a estimativa da precipitação efetiva para fins de irrigação de maneira aproximada, haja vista ser extremamente difícil e trabalhosa de ser determinada na prática para períodos de um dia, toma-se como base a precipitação pluviométrica (P_p) e a lâmina de água necessária para que a umidade do solo retorne à “Capacidade de campo” na camada correspondente ao sistema radicular da cultura (Lm_1). Para tanto deve-se assumir que, quando a precipitação pluviométrica for inferior à deficiência de água no solo, será considerada como sendo a precipitação efetiva. No caso de chuvas intensas, assume-se que a precipitação pluviométrica ocorrida é capaz de elevar a umidade do solo à “Capacidade de campo”. Nesse caso tem-se:

$$\begin{aligned} \text{se } P_p < Lm_1, \text{ então } P_e &= P_p; \\ \text{se } P_p \geq Lm_1, \text{ então } P_e &= Lm_1. \end{aligned}$$

Precipitação provável ou dependente pode ser definida como sendo a quantidade mínima de precipitação com determinada probabilidade de ocorrência. Normalmente, em irrigação, trabalha-se com a probabilidade de 75 a 80%. Ou seja, com a lâmina mínima de chuva que se pode esperar em três a cada quatro anos (75%), ou em quatro a cada cinco anos (80%), em determinado período do ano.

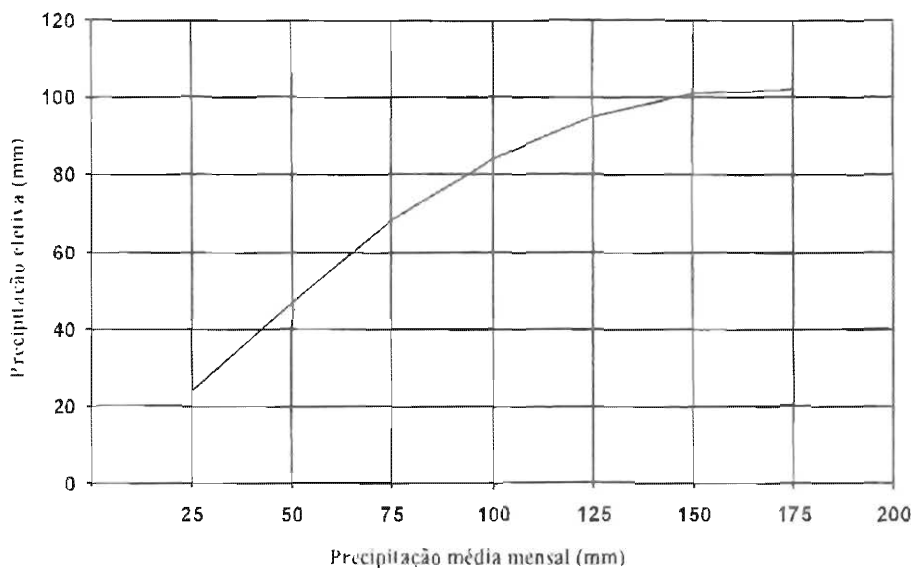


FIGURA 2. Curva de representação da precipitação mensal versus efetiva (mm)

A precipitação provável é de capital importância para o planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação suplementar. Neste caso, como a precipitação provável refere-se à lâmina mínima com determinada probabilidade de ocorrência, esta lâmina pode ser considerada como precipitação efetiva, quando se analisa os dados para pequenos períodos, tais como cinco, 10 ou 15 dias.

7.2.1.1 – Exemplo de aplicação - Para exemplificar a utilização dos três métodos para determinação da precipitação efetiva, admita-se que ocorreu uma tormenta de 75 mm:

1 – Grassi (1968) citando Anderson:

$$Pe = 0,8P - 12,5n = 0,8 \times 75 - 12,5 \times 1 \quad \text{Pe} = 47,5 \text{ mm}$$

2 – Grassi (1968) citando Blaney-Criddle:

$$Pe = (25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 + 25 \times 0,82) \quad \text{Pe} = 68 \text{ mm (Tabela 3)}$$

3 – Marouelli et al. (1994)

a) Se a lâmina de manutenção para a cultura (L_m), for de 50 mm e não houve irrigação no dia anterior, a precipitação será de 50mm, descartando-se os 25 mm excedentes que provavelmente foram perdidos por percolação profunda e/ou escoamento superficial;

b) Caso $L_m = 100$ mm e também não houve irrigação no dia anterior, então a precipitação efetiva será todos os 75 mm.

Pelo visto, a mesma precipitação bruta ocorrida pode caracterizar várias precipitações efetivas, dependendo do modelo utilizado.

7.3 - Utilizando-se de tensiômetro

O manejo da irrigação por meio deste método é relativamente simples, desde que se disponha da curva de retenção de água do solo. O controle da umidade do solo é feito com o auxílio de tensiômetro com manômetro de mercúrio ou metálico (vacuômetro) (Figura 3), sendo as irrigações efetuadas sempre que a tensão atingir um valor máximo que não prejudique o desempenho da cultura.

Mesmo tendo o limite de operação entre 0 e 80 kPa, o tensiômetro é um instrumento bastante útil para o controle da irrigação, visto que estes valores correspondem à faixa ótima para o desenvolvimento da maioria das culturas (dentre elas o abacaxizeiro), cobrindo de 25 a 75% da água disponível no solo, dependendo da sua textura e estrutura (Faria e Costa, 1987).

Se se toma como plano de referencia o que passa pelo centro da cápsula porosa, para um tensiômetro com manômetro de mercúrio, a tensão de água do solo ou potencial matricial, será obtido utilizando-se a equação:

$$\Psi_m = \frac{-12,6h + h_1 + h_2}{10,2} \quad \longleftrightarrow \quad h = \frac{10,2\Psi_m + h_1 + h_2}{12,6} \quad (18)$$

em que:

Ψ_m = tensão de água no solo ou potencial matricial, em cbar = kPa

h = leitura da altura do mercúrio, em cm

h_1 = altura do nível de mercúrio na cuba, em relação à superfície do solo, em cm

h_2 = profundidade do centro da cápsula porosa em relação à superfície do solo, em cm.

Já no tensiômetro com vacuômetro o potencial hídrico é lido diretamente no manômetro e para se obter o potencial matricial subtrai-se do valor lido o potencial gravimétrico (Ψ_g).

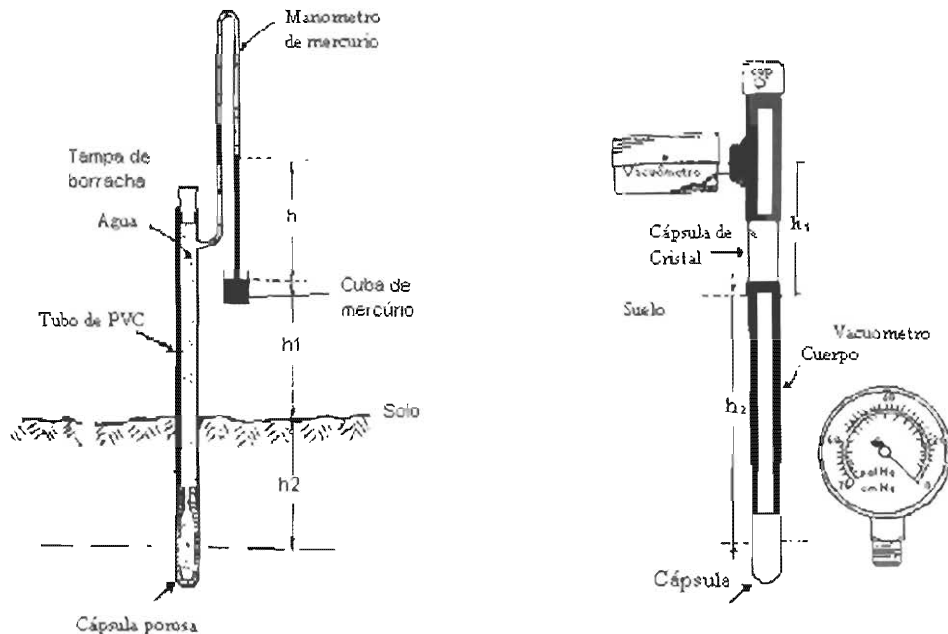


FIGURA 3 – Tensiômetro com manômetro de mercúrio e metálico (vacuômetro).

Na Figura 3, o $\Psi_g = h_1 + h_2$, que é igual ao comprimento do tensiômetro “l”, e o potencial matricial do solo se obtém com a seguinte norma prática:

“potencial matricial do solo = comprimento do tensiômetro – leitura do manômetro”

$$\Psi_m = \frac{l}{10} - L_{ma} \quad (19)$$

em que.

Ψ_m = potencial matricial, em cbar

l = comprimento do tensiômetro, em cm

L_{ma} = leitura do manômetro, em cbar

Os valores de tensão podem ser dados também em centímetro de mercúrio, centímetro de H_2O , bar e Pascal (Pa) de acordo com a seguinte conversão:

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm de Hg} = 1033 \text{ cm de H}_2\text{O} = 1,013 \text{ bar} = 101,3 \text{ kPa}$$

O tensiômetro não mede diretamente o potencial mátrico do solo. Quando se alcança o equilíbrio com o terreno, o potencial hídrico total (Ψ) será igual no ponto de leitura e no solo.

De maneira geral, a leitura do tensiômetro indica o estado de umidade do solo. Uma leitura zero (0), indica que o solo está saturado e que as plantas podem até paralisar suas atividades fisiológicas devido a falta de oxigênio no solo;

De 0 a 10 cbar (centibares), indica que ainda há um excedente de água;

De 10 a 20 cbar indica umidade e também ar no solo, necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para a grande maioria dos solos esta faixa de umidade representa a “capacidade de campo”, não requerendo irrigação nem os solos argilosos nem os de textura média. Já nos solos arenosos, as plantas podem começar a ter dificuldades para absorver água a partir de 15 cbar;

De 20 a 40 cbar indica água disponível e grande aeração para as plantas. Ainda não é necessário irrigar os solos argilosos e de textura média. Entretanto, os solos arenosos de textura grossa devem começar a ser irrigado na faixa de 20 a 30 cb e os de textura fina de 30 a 40 cbar;

De 40 a 60 cbar, indica que o solo ainda tem umidade e grande aeração para as plantas em solos argilosos, de textura fina. Nos solos de textura média deve ser iniciada a irrigação.

De 60 a 80 cbar indica que há pouca umidade para todos os tipos de solos excetuando-se os argilosos bastante pesados.

8. EXEMPLOS PRÁTICOS PARA O MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A fim de ilustrar os métodos para manejo da água de irrigação, são apresentados, a seguir, exemplos práticos de como utilizá-los. Como o ciclo produtivo do abacaxi é bastante longo, será mostrado apenas uma parte de um dos estádios fisiológicos, que deverá ser representativo para o entendimento do processo. Serão utilizados dados reais de uma área experimental, entretanto no período do exercício não havia cultivo implantado.

O local é a Estação Experimental de Jaíba (MG), da EPAMIG, com as seguintes características:

- a) **Solo:** Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilo-siltosa
Curva de retenção de água no solo: Figura 4;
Capacidade de campo: 10 kPa \simeq 0,1 atm \simeq 10 cbar
Ponto de murcha permanente: 1500 kPa \simeq 15 atm \simeq 1500 cbar
Densidade global do solo: 1,32 g/cm³
- b) **Sistema de irrigação:** Aspersão convencional com eficiência de aplicação de 75%;
- c) **Período fenológico:** Máximo desenvolvimento foliar e diferenciação floral (Kc = 1,0);
- d) **Profundidade efetiva do sistema radicular:** Pr = 20 cm;
- e) **Dados climáticos:** Tabelas 4 e 5.

8.1 – Cálculo do Turno de Rega

8.1.1 – Capacidade de campo e Ponto de murcha:

Pela curva de retenção de água no solo (Figura 4) ou pela equação de ajuste de van Genuchten, tem-se que:

$$C_c = 0,3271 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 = 24,78 \% \text{ em peso (tensão de } \simeq 10 \text{ kPa } \\ 0,1 \text{ atm } \simeq 10 \text{ cbar);}$$

$$P_m = 0,2704 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 = 20,48 \% \text{ em peso (tensão de } 1500 \text{ kPa } \\ 15 \text{ atm } \simeq 1500 \text{ cbar)}$$

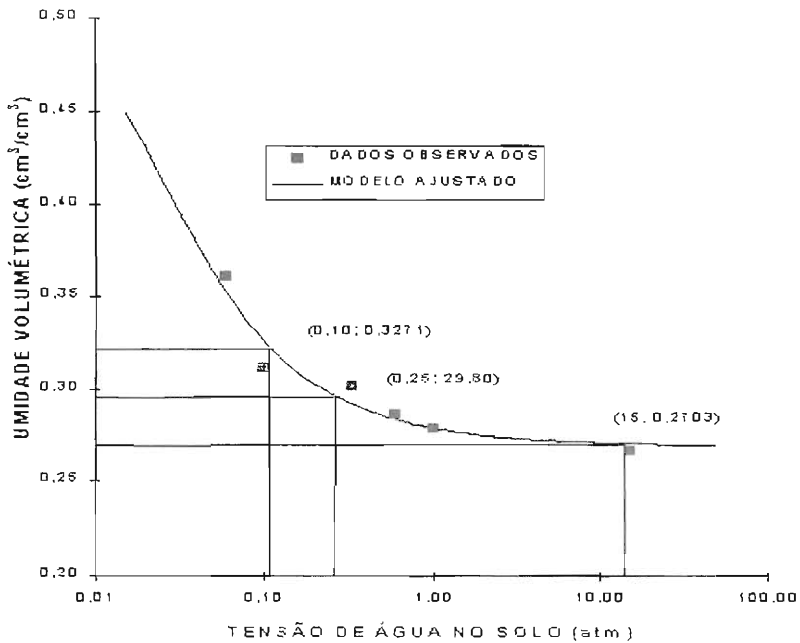


FIGURA 4 – Curva de retenção de água em Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilo-siltosa.

8.1.2 – Lâmina de manutenção: Utilizando-se da equação (1) tem-se que:

$$L_i = \frac{24,78 - 20,48}{10} * 1,32 * 20 = 11,35 \text{ mm}$$

Considerando o fator de disponibilidade de água no solo (f) para a cultura do abacaxi de 0,50 ($f=0,50$), para todo o ciclo produtivo e aplicando-se a equação (4):

$$L_m = 11,35 * 0,50 = 5,68 \text{ mm}$$

8.1.3 - Evapotranspiração da cultura (ETPc)

Pela Tabela 4, para o mês de agosto, tem-se que:

$E_t = 6,25$ mm/dia

Umidade relativa: 59,13%

Velocidade do vento: 77,47 km/dia

Pelos dados acima e para tanque com bordadura de 10,0 metros, pela Tabela 1, tem-se que: $K_p = 0,75$

Pela Figura 1, para a fase de maior desenvolvimento foliar e diferenciação floral tem-se que

$$K_c = 1,00;$$

Daí, pela equação (13), tem-se que:

$$ETP_c = K_p * E_t * K_c = 0,75 * 6,25 * 1,00 = 4,69 \text{ mm / dia}$$

8.1.4 – Turno de rega (TR)

Pela equação (6), tem-se que:

$$TR = \frac{5,68}{4,69} = 1,21 \approx 1 \text{ dia}$$

Adotando-se o TR de 1 dia a L_m , de acordo com a equação (11), será:

$$L_m = TR * ETP_c = 1 * 4,69 = 4,69 \text{ mm}$$

Ou seja, com o turno de rega (TR) de 1,21 dias a lâmina de manutenção a ser aplicada seria de 5,68 mm. Como, para facilitar a operação, adota-se TR inteiros, a lâmina de manutenção a ser aplicada será de 4,69 mm.

Também se pode calcular o TR utilizando-se a Umidade de irrigação e neste caso teríamos:

8.1.5 – Umidade de irrigação (U_i): Conhecendo-se os valores de C_c , P_m e o f adotado para a cultura, e aplicando-se a equação (3), tem-se que:

$$U_i = 24,78 - (24,78 - 20,48) * 0,5 = 22,63\%$$

8.1.6 – Turno de Rega (TR): Pela equação (7), tem-se que:

$$TR = \frac{24,78 - 22,63}{10 * 4,69} * 1,32 * 20 = 1,21 \approx 1 \text{ dia}$$

8.2 – Com base na evaporação do tanque Classe A

Pelo visto anteriormente, tem-se que:

$$C_c = 24,78\% \text{ em peso;}$$

$U_j = 22,63\%$ em peso.

Pela equação 5, tem-se que:

$$L_m = \frac{24,78 - 22,63}{10} \times 1,32 \times 20 = 5,68 \text{ mm}$$

Pela equações 12 e 13, irriga-se quando:

$$\sum_{i=1}^n ETP_{C_i} \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n (ETP_{C_i} - P_{E_i}) \geq 5,68 \text{ mm}$$

Definida a lâmina de manutenção para a cultura, por meio da Tabela 5 se faz o acompanhamento diário do manejo da água de irrigação

8.3 – Utilizando-se de tensiômetro

8.3.1 – Tensão de água no solo para reinício da irrigação (ψ_m)

Pela Fig. 4, a tensão de água no solo quando a umidade de irrigação é de 22,63% em peso, é aproximadamente de 0,25 atm = 25,3 cbar = 25,3 kPa

Caso o tensiômetro que esteja sendo usado seja de mercúrio, a leitura da coluna de mercúrio para reinício da irrigação (h), pela equação 14 e com base nos valores:

Profundidade de instalação do tensiômetro (h_2) = 15 cm (3/4 da profundidade efetiva do sistema radicular)

Altura do nível de mercúrio na cuba, em relação à superfície do solo (h_1) = 15 cm.

Pela equação 18, tem-se que:

$$h = \frac{10,2 * 25,3 + 15 + 15}{12,6} = 22,9 \text{ cm}$$

Ou seja, as irrigações recomeçam quando a coluna de mercúrio estiver na posição de 22,9 cm

Caso o tensiômetro utilizado seja com manômetro metálico e que o seu comprimento (l) seja de 20 cm, pela equação (19), a leitura para que seja reiniciada a irrigação será:

$$L_{ma} = \frac{l}{10} - \psi_m = \frac{20}{10} + 25,3 = 27,3 \text{ cbar}$$

Neste caso, as irrigações recomeçavam quando a leitura do manômetro de mercúrio marcasse 27,3 cbar. Em ambos os casos, a lâmina de irrigação (L_m) e a de manutenção (L_{bm}) seriam as mesmas.

TABELA 5 - Manejo da água de irrigação pelo método do balanço de água no solo.

Data	Eto (mm/dia)	UR %	Vento (km/dia)	Kp*	Kc	ETPc (mm/dia)	Chuva (mm/dia)	(ETPc-Pe) (mm)	Irigar* (?)	Lm (mm)	Lbm (mm)
01/08/96	6,70	74,00	108,20	0,77	1,00	5,13	0,0	5,13	não		
02/08/96	4,59	69,00	69,93	0,76	1,00	3,49	0,0	8,62	sim	8,62	11,5
03/08/96	6,93	72,00	73,89	0,77	1,00	5,32	0,0	5,32	não		-
04/08/96	5,55	73,00	64,66	0,77	1,00	4,29	0,0	9,61	sim	9,61	12,8
05/08/96	5,14	67,00	54,10	0,76	1,00	3,90	0,0	3,90	não		-
06/08/96	7,28	63,00	50,14	0,75	1,00	5,45	0,0	9,34	sim	9,34	12,5
07/08/96	5,99	66,00	27,71	0,76	1,00	4,56	0,0	4,56	não		-
08/08/96	5,83	71,00	50,14	0,77	1,00	4,49	0,0	9,06	sim	9,06	12,1
09/08/96	5,37	66,00	18,47	0,76	1,00	4,10	0,0	4,10	não		-
10/08/96	4,92	63,00	11,88	0,76	1,00	3,72	0,0	7,82	sim	7,82	10,4
11/08/96	3,54	64,00	26,39	0,76	1,00	2,68	0,0	2,68	não		-
12/08/96	6,42	72,00	25,07	0,78	1,00	5,01	0,0	7,68	sim	7,68	10,2
13/08/96	5,92	66,00	72,57	0,75	1,00	4,44	0,0	4,44	não		-
14/08/96	6,50	69,00	80,70	0,76	1,00	4,96	0,0	9,40	sim	9,4	12,5
15/08/96	4,78	69,00	27,71	0,77	1,00	3,68	0,0	3,68	não		-
16/08/96	8,38	68,00	63,34	0,76	1,00	6,36	0,0	10,04	sim	10,04	13,4
17/08/96	7,61	94,00	89,73	0,82	1,00	6,23	3,1	3,13	não		-
18/08/96	8,73	75,00	141,19	0,76	1,00	6,64	0,0	9,77	sim	9,77	13,0
19/08/96	4,14	72,00	50,14	0,77	1,00	3,20	0,0	3,20	não		-
20/08/96	7,54	76,00	112,16	0,77	1,00	5,80	0,0	9,01	sim	9,01	12,0
21/08/96	6,28	73,00	73,89	0,77	1,00	4,84	0,0	4,84	não		-
22/08/96	5,49	71,00	72,57	0,77	1,00	4,20	0,0	9,04	sim	9,04	12,1
23/08/96	6,23	74,00	63,34	0,78	1,00	4,84	0,0	4,84	não		-
24/08/96	5,17	76,00	48,82	0,79	1,00	4,06	0,0	8,89	sim	8,89	11,9
25/08/96	6,43	72,00	69,93	0,77	1,00	4,94	0,0	4,94	não		-
26/08/96	6,26	76,00	62,02	0,78	1,00	4,89	0,0	8,84	sim	9,84	13,1
27/08/96	5,75	72,00	51,46	0,77	1,00	4,45	0,0	4,45	não		-
28/08/96	6,27	78,00	73,89	0,78	1,00	4,92	0,0	9,36	sim	8,36	12,5
29/08/96	5,44	74,00	58,06	0,78	1,00	4,23	0,0	4,23	não		-
30/08/96	6,26	70,00	69,93	0,78	1,00	4,78	0,0	9,01	sim	9,01	12,0
31/08/96	5,16	72,00	46,18	0,77	1,00	4,00	0,0	4,00	não		-

* Calculado com base na equação 16.

9. CUSTO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO ABACAXI

A irrigação deve ser feita com o objetivo de aumentar o lucro do produtor, com o aumento da produção, quer em quantidade, quer em qualidade e nunca pelo simples prazer de dizer que está fazendo agricultura irrigada. Isso porque, é por meio das estimativas do valor de aumento da produtividade e do custo da irrigação que se obtém a estimativa do lucro.

O custo da irrigação (CI) é o somatório do custo anual fixo (CAF) com o custo anual variável (CAV), ou seja:

$$CI = CAF + CAV \quad (20)$$

O custo anual fixo pode ser determinado pela diferença entre o valor do investimento (VI) e o valor de resgate (VR) do equipamento ao final do seu período de vida útil, multiplicada pelo fator de recuperação de capital (FRC), ou seja:

$$CAF = (VI - VR) * FRC \quad (21)$$

$$FRC = \frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - 1} \quad (22)$$

em que:

i = taxa anual de juro, em decimal;

n = vida útil do equipamento, em anos

O custo anual variável (CAV), corresponde aos custos anuais de energia, operação e manutenção do sistema. O custo de operação do sistema de irrigação é o custo da mão de obra necessária para o funcionamento do sistema, o qual varia com o método de irrigação e se é fixo ou portátil. O custo de manutenção varia entre 0,5% do valor inicial para tubulações, 2,0% para motores e 4,0% para bombas. O custo de energia constitui a principal parcela do custo variável na irrigação com o bombeamento da água e depende da fonte de energia, do seu preço, da potência absorvida do motor, do número de horas de funcionamento por dia e do consumo médio por hora.

9.1. Determinação do custo anual variável

O custo anual variável (CAV), para este caso, será definido como

o produto do custo de energia de bombeamento (CE) pelo número de dias trabalhado por ano (N), ou seja:

$$CAV = CE * N \quad (23)$$

9.1.1 – Custo de energia de bombeamento

O custo de energia de bombeamento é dado pela equação:

$$CE = \frac{CM * Pe * h}{S} \quad (24)$$

em que:

CE = Custo de energia de bombeamento, em R\$/ha/dia;

CM = Consumo do motor, em KWh;

Pe = Preço do KWh, em real;

h = Número de horas trabalhadas por dia, em horas

S = Área a ser irrigada, em ha.

9.1.2 – Consumo do Motor

Por sua vez, o consumo do motor é função do volume de água aplicada por dia, da vazão mínima necessária da bomba, da potência absorvida pelo motor e da potência instalada, obtidas através das seguintes equações:

9.1.2.1 – Volume de água

$$V = 10 * Lbm * S \quad (25)$$

em que:

V = volume de água que vai ser aplicada na área por dia, em m³;

Lb = lâmina bruta de manutenção, em mm;

S = área a ser irrigada, em ha.

9.1.2.2 - Vazão da bomba

$$Q = \frac{V}{h} \quad (26)$$

em que:

Q = vazão mínima necessária para a bomba, em m³/h;

h = número de horas de funcionamento por dia, em horas.

9.1.2.3 - Potência absorvida

$$Pot_{ab} = \frac{Q * H_{man}}{75 * 3,6 * E_{fmb}} \quad (27)$$

em que:

Pot_{ab} = potência absorvida pelo conjunto motobomba, em cv;

H_{man} = altura manométrica, em mca;

E_{fmb} = eficiência do conjunto motobomba.

9.1.2.4 - Potência instalada

Na Tabela 6 estão apresentados os percentuais de acréscimos à potência absorvida que foi calculada, tanto para motores elétricos quanto para motores diesel.

TABELA 6 – Valores a serem acrescidos à potência absorvida, nos motores elétricos e diesel.

MOTORES ELÉTRICOS		MOTORES DIESEL
Faixa de Potência	Acréscimos	Acréscimo de 25% para qualquer valor de Potência Absorvida
$Pot_{ab} < 2 \text{ cv}$	30%	
$2 \text{ cv} < Pot_{ab} < 5 \text{ cv}$	25%	
$5 \text{ cv} < Pot_{ab} < 10 \text{ cv}$	20%	
$10 \text{ cv} < Pot_{ab} < 20 \text{ cv}$	15%	
$20 \text{ cv} < Pot_{ab}$	10%	

Após determinada a potência instalada, na Tabela 6 está apresentada a relação entre a potência do motor e o seu respectivo consumo de energia elétrica.

TABELA 7 – Relação entre potência do motor e o respectivo consumo de energia.

Pot. Do motor (cv)	Consumo (kWh)	Pot. do motor (cv)	Consumo (kWh)	Pot. do motor (cv)	Consumo (kWh)
1,0	1,1	10,0	9,6	50,0	41,3
2,0	2,1	12,5	11,7	60,0	49,6
3,0	3,1	15,0	14,0	75,0	61,3
4,0	4,1	20,0	18,3	100,0	81,8
5,0	5,05	25,0	22,5	125,0	102,0
6,0	6,05	30,0	25,7	150,0	123,0
7,5	7,4	40,0	33,8	200,0	164,0

Obs.: Para motores diesel o consumo médio é de 0,22568 l/h, para cada unidade de potência.

9.2 - EXEMPLO DE CÁLCULO

Considere um sistema de irrigação com motor elétrico, para uma área de 10 ha de abacaxizeiro Pérola, necessitando de uma lâmina bruta de manutenção de 5,0 mm/dia, com altura manométrica de 40 mca e eficiência do conjunto motobomba de 60%. O sistema funcionará por 10 horas por dia, durante 200 dias por ano. O custo médio do sistema é de R\$ 2.500,00/ha e o custo de energia elétrica de R\$ 0,0605/kWh. A vida útil do sistema é de aproximadamente 10 anos, amortizado com taxa anual de juros de 16% a.a., tendo como valor de resgate 10% do valor inicial.

9.2.1 - Custo Anual Fixo:

$$CAF = (2.500 - 250) \times \frac{(1 + 0,16)^{10} \times 0,16}{(1 + 0,16)^{10} - 1} \Leftrightarrow CAF = R\$469,00 / ha / ano$$

(equação 21)

9.2.2 - Custo Anual Variável (considerando-se apenas o custo de energia):

$$V = 10 * 5 * 10 \Leftrightarrow V = 500m^3 \quad \text{(equação 25)}$$

$$Q = \frac{500}{10} \Leftrightarrow Q = 50m^3 / h \quad \text{(equação 26)}$$

$$Pot_{tab} = \frac{50 \times 40}{75 \times 3,6 \times 0,60} \Leftrightarrow Pot_{tab} = 12,3cv \quad \text{(equação 27)}$$

$$Pot_{mst} = 12,3 \times 1,15 \Leftrightarrow Pot_{mst} = 15cv \quad \text{(Tabela 6)}$$

$$CM(15cv) \Leftrightarrow 14,0kWh \quad \text{(Tabela 7)}$$

$$CE = \frac{14 \times 0,0605 \times 10}{10} \Leftrightarrow CE = R\$0,85 / ha / dia \quad \text{(equação 24)}$$

$$CAV = 0,85 \times 200 \Leftrightarrow CAV = R\$176,00 / ha / ano \quad \text{(equação 23)}$$

9.2.3 - Custo da irrigação

$$CI = 469,00 + 176,00 \Leftrightarrow CI = R\$645,00/\text{ha}/\text{ano} \quad (\text{equação 20})$$

Considerando-se que o ciclo produtivo do abacaxizeiro irrigado deve estar próximo de 15 meses, incrementa-se 25% ao Custo de Irrigação anual correspondentes aos três meses excedentes, passando a unidade para reais/ha/ciclo, daí tem-se:

$$CI = 645,00 \times 1,25 \Leftrightarrow CI = R\$806,00/\text{ha}/\text{ano}$$

9.2.4 - Equivalência Produto

Para a estimativa da equivalência produto, vamos considerar dois valores para os frutos de abacaxi na propriedade:

Entre R\$ 0,20 e R\$ 0,40 (**R\$ 0,30/fruto**) - para produção no período de safra;

Entre R\$ 0,40 e R\$ 0,80 (**R\$ 0,60/fruto**) - para produção na entressafra

Dividindo-se o custo da irrigação pelos preços médios na safra e na entressafra, obtém-se:

$$EP = R\$ 806,00/R\$ 0,30 = \mathbf{2.687 \text{ frutos/ha/ciclo}}$$

$EP = R\$ 806,00/R\$ 0,60 = \mathbf{1.343 \text{ frutos/ha/ciclo}}$, que correspondem às quantidades de frutos necessários, nas duas situações, para cobrir o investimento em irrigação.

Considerando-se que no espaçamento de 0,90 x 0,40 x 0,30 m, planta-se 51.280 mudas, e que a expectativa de colheita é de 80% de frutos (**41.000**) e destes 60% de frutos de valor comercial (**24.600**), o custo de irrigação representa cerca de **11,0%** e **5,5%**, respectivamente da produção média esperada de frutos de valor comercial. Tal situação demonstra que o uso da irrigação é viável na cultura do abacaxi.

10. Referências

ALMEIDA, O.A. de; SOUZA, L.F. da S.; SOUTO, R.F. & CALDAS, R.C.. **Niveles de humedad del suelo y de fertilizantes en piña en semiárido de Brasil.** In: XXVII CONGRESO NACIONAL DE RIEGO, Murcia, España. 1999. Actas: Murcia – MU. AERYD.1999 p. 27-34.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 5.ed. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1989. 596p.

COMBRES, J.C. **Bilan énergétique et hidrique de l'ananas, utilisation optimale des potentialetés climatique;** compte-rendu d'ativités. Auquédedou: IRFA, 1983. 108p.

DAKER, A. **Irrigação e drenagem;** a água na agricultura, 6.ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 1984. v.3, 543p.

DOORENBOS, J. y PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos.** Roma: FAO, 1994. 194p. (Riego y Drenaje n° 24).

DU PRESSIS, S.F. **Irrigation of pineapples.** In: PINEAPPLES. South Africa: Department of Agriculture and Water Supply, 1989. 1p.

EKERN, P.C. Evapotranspiration of pineapple in Hawaii. **Plant Physiology**, v.40, n.4, p.736-739, 1965.

FARIA, R.T. de; COSTA, A.C.S. da. Tensiômetro: construção, instalação e utilização; um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina, IAPAR, (IAPAR, Circular 56), 1987, 24p.

GRASSI, C.J. **Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riegos com fines de formulación y diseño de proyectos.** Criterios y procedimientos. Mérida: CIDIAT, 1968. 96p. (CIDIAT, Documento, 53).

GREEN, G.C. The pineapple plant. In: WORLD METEROLOGICAL ORGANIZATION (Geneva). **The effect of weather and climate upon the keeping quality of fruit.** Geneva: WMO, 1963.p.136-180.(Tech. Note, 53).

IRFA (Abidjan, Costa do Marfim). **La culture de l'ananas d'exportation en Cote d'Ivoire. Manuel du Planteur.** Abidjan, Costa do Marfim. Les Nouvelles Editions Africaines, 1984. 112p.

MEDCALF, J.C. Respostas do abacaxizeiro quando irrigado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1, 1982, Jaboticabal, SP. Anais. Jaboticabal, SP: FCAV, 1982. p.91-98.

MEDCALF, J.C. Respostas do abacaxizeiro quando irrigado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ABACAXICULTURA, 1, 1982, Jaboticabal, SP. Anais. Jaboticabal, SP: FCAV, 1982. (Complemento).

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L. de C. e; SILVA, H.R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças - Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994.

NEILD, R.E.; BOSHELL, F. An agroclimatic procedure and survey of the pineapple production potential of Colombia. **Agricultural Meteorology**, v.17, p.81-92, 1976.

OLLITTA, A.F.L., **Os métodos de irrigação.** São Paulo, SP: Nobel, 1984. 267p.

PINON, A. **L'ananas de conserverie et sa culture.** Côte D'Ivoire: IRFA, 1978. 82p.

PY, C.; LACOEUILLE, J.J.; TEISSON, C. **L'ananas, sa culture, ses produits.** Paris: Maisonneuve et Larose et ACCT, 1984. 562p.

SIDERIS, C.P.; KRAUSS, B.H. Water relation of pineapple plants. **Soil Sciences**, Baltimore, v.26, p.305-315, 1928.

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius 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 Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Bonifácio Hideyuki Nakasu
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Mario Augusto Pinto da Cunha
Chefe-Geral