

**PEQUENA IRRIGAÇÃO  
PARA O TRÓPICO SEMI-ÁRIDO:  
VAZANTES E CÁPSULAS POROSAS**



Boletim de Pesquisa  
Nº 3

janeiro, 1981

**PEQUENA IRRIGAÇÃO  
PARA O TRÓPICO SEMI-ÁRIDO:  
VAZANTES E CÁPSULAS POROSAS**

EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido

ISSN 0100-8951

Comitê de Publicações  
Centro de Pesquisa Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)  
Rua Presidente Dutra, 160  
Fone: (081) 961-0122\*  
Telex: (081) 1878  
Caixa Postal, 23  
56.300 Petrolina-PE

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de  
Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petro-  
lina, PE.

Pequena irrigação para o trópico semi-árido: vazantes e cápsulas porosas. Petrolina, PE, 1981.

62 p. (EMBRAPA/CPATSA. Boletim de Pesquisa, 3)

1. Irrigação (Vazantes) - Açudes. 2. Irrigação (Cápsulas porosas). 3. Irrigação (Baixa pressão). 4. Milho - População - Produção. I. Título. II. Série.

CDD-631.7

© EMBRAPA

## APRESENTAÇÃO

24 bilhões de m<sup>3</sup> de água representam, aproximadamente, os recursos hídricos disponíveis anualmente no Nordeste. 20 bilhões correspondem ao volume médio armazenado nos açudes existentes e 4 bilhões constituem a reserva subterrânea.

Os produtores rurais que habitam nas adjacências dos reservatórios de água, todavia, não estão, ainda, extraindo todos os benefícios que podem ser proporcionados por estes recursos potenciais. Isto se revela na fato de que apenas 3 milhões de pessoas estão conseguindo sobreviver, em parte destas áreas, mesmo nos anos de estiagem prolongada, através de cultivos agrícolas onde utilizam formas tradicionais de exploração.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), com objetivo de contribuir para a maximização do aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis no Nordeste, vem desenvolvendo tecnologias que já apresentam perspectivas bastante promissoras. Entre estas, uma técnica simples de exploração de vazantes e irrigação por por cápsulas porosas são abordadas especificamente neste trabalho por representarem alternativas compatíveis com essa realidade discutida.

"PEQUENA IRRIGAÇÃO PARA O TRÓPICO SEMI-ÁRIDO: VAZANTES E CÁPSULAS POROSAS" enfoca os passos dados e os resultados obtidos na implantação da técnica de exploração de vazantes a nível de propriedade; a avaliação técnica do método de irrigação por cápsulas porosas sob condições de pressão hidrostática; e os efeitos de diferentes pressões hidrostáticas e populações de plantas sobre a produção do milho, no método de irrigação por cápsulas porosas.

O presente trabalho representa parte do esforço do CPATSA para manter a comunidade técnico-científica informada dos avanços obtidos nesta área de atividade.

RENIVAL ALVES DE SOUZA

Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido.

## SUMÁRIO

<b>UMA TÉCNICA SIMPLES DE EXPLORAÇÃO DE VAZANTES DE AÇUDES .....</b>	<b>1</b>
Aderaldo de Souza Silva, Everaldo Rocha Porto, Luiz Balbino Morgado e Carlos Eugênio Martins.	
<b>IRRIGAÇÃO POR CÁPSULAS POROSAS III: AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MÉTODO POR PRESSÃO HIDROSTÁTICA .....</b>	<b>20</b>
Dinarte Aêda da Silva, Aderaldo de Souza Silva e Hans Raj Gheyi.	
<b>IRRIGAÇÃO POR CÁPSULAS POROSAS IV: EFEITOS DAS DIFERENTES PRESSÕES HIDROSTÁTICAS E POPULAÇÕES DE PLANTAS SOBRE A PRODUÇÃO DO MILHO</b>	<b>43</b>
Dinarte Aêda da Silva, Hans Raj Gheyi, Aderaldo de Souza Silva e Arnóbio Anselmo Magalhães.	

## UMA TÉCNICA SIMPLES DE EXPLORAÇÃO DE VAZANTES DE AÇUDES

Aderaldo de Souza Silva

Everaldo Rocha Porto <sup>1</sup>

Luiz Balbino Morgado

Carlos Eugênio Martins <sup>2</sup>

### INTRODUÇÃO

A região Semi-Árida do Nordeste, totalizando cerca de 850.000 Km<sup>2</sup>, com uma densidade demográfica de 14 hab/Km<sup>2</sup>, Brasil. SUDENE (1977), representa 52% de superfície do Nordeste. Esta região tem, basicamente, quatro estratos populacionais: produtores sem terras (arrendatários e parceiros), pequenos, médios e grandes proprietários. Segundo estudos realizados pelo Brasil. SUDENE (1977), para análise do efeito das secas, 79% do total das famílias agrícolas do Nordeste, em 1970, correspondiam aos dois primeiros estratos.

Nesta região, também se observa que 84% dos imóveis rurais têm área inferior a 100 ha, EMBRAPA. CPATSA (1979).

A predominância de pequenos produtores, associada a uma grande concentração de minifúndios, faz com que, em anos de seca, a economia da zona Semi-Árida seja drasticamente afetada e que os mais atingidos pelos seus efeitos sejam os pequenos produtores, Brasil. SUDENE (1977).

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Pesquisador em Manejo do Solo e Água. CPATSA-EMBRAPA.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc., Pesquisador em Fertilidade do Solo. CPATSA-EMBRAPA.

Por outro lado, a existência de 70.000 açudes distribuídos no Nordeste (públicos e privados), armazenando 20.000.000.000 de m<sup>3</sup>, Rebouças e Marinho (1972), permitem a sobrevivência de 3.000.000 de pessoas mesmo nos anos de seca intensa, Guerra (1975), através de exploração de suas vazantes.

A agricultura de vazante é uma prática típica do Nordeste Semi-Árido, cujo potencial agrícola é ainda subexplorado, Guerra (1975) e Barbosa et al. (1980). Esta técnica consiste na utilização dos solos potencialmente agricultáveis dos açudes, rios e lagos que foram cobertos pela água na época chuvosa, Duque (1973) e Guerra (1975).

As vazantes são exploradas, principalmente, por pequenos produtores, sendo as espécies mais cultivadas o arroz, o feijão, a batata-doce e o milho, Brasil. MINTER (1973), Duque (1973) e Guerra (1975).

A exploração das vazantes dos açudes, lagos e rios, incluindo o lago de Sobradinho e o programa de perenização dos rios, permite irrigar, aproximadamente, 1.000.000 ha, através de "irrigações de salvação", sem, contudo comprometer as necessidades de água das propriedades agrícolas.

A exploração de vazantes, como realizada tradicionalmente, oferece sérias limitações, devido um inadequado manejo de solo e água. No que tange ao manejo de solo, o plantio das culturas é feito em covas abertas diretamente no solo, quando o teor de umidade está próximo da saturação. A utilização desta forma de plantio impede a utilização de um manejo de água racional. O uso do método de plantio em sulcos e camlhões propicia uma disponibilidade de umidade de solo mais uniforme, durante todo o ciclo da cultura, permitindo o emprego de "irrigações de salvação", Silva & Porto (1980).

Foi objetivo deste trabalho desenvolver um método mais adequado de manejo de solo e água, aproveitando, ao máximo, os equipamentos disponíveis dos agricultores, que fosse compatível com a exploração de vazantes, utilizando culturas alimentares como milho (*Zea mays* L.) variedade Centralmex e a batata-doce (*Ipomea* sp.).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em um açude particular situado no Km 17, à margem esquerda da BR-116 (Petrolina-Lagoa Grande), em latossolo originário de depósitos ferrolíticos, de textura areia franca, permeáveis, com profundidade acima de 0,80 m e de baixa fertilidade. As propriedades químicas e físicas constam na Tabela 1.

O delineamento experimental, para cada cultura, foi blocos ao acaso, com esquema fatorial de três repetições. Os tratamentos empregados em cada cultura foram os seguintes:

### Batata-doce

- A - "Método de cultivo local" plantio em cova, sendo as ramas da batata distribuídas em número de seis para cada cova. Espaçamento aproximado de 0,80 m x 0,80 m correspondendo a uma população de 93.750 plantas/ha.
- B - "Método de cultivo local" + "irrigações de salvação" pequenas irrigações de 40 mm, aplicadas durante o período crítico da cultura, quando as plantas apresentam déficit de umidade visível entre 9:00 e 10:00 horas.
- C - "Método de cultivo local" + "irrigações de salvação" + "adubação básica" pequena adubação (60-60-30), aplicada na base da cova.
- D - "Método de cultivo modificado" + "irrigações de salvação" + "adubação básica" plantio em sulcos e camalhões espaçados de 1,5 m. Espaçamento entre plantas de 0,20 m, com duas plantas por cova e uma população estimada em 100.000 plantas/ha.

### Milho

- A - "Método de cultivo local" plantio com cova, sendo distribuído em número de quatro sementes por cova.

TABELA 1. Propriedades químicas e físicas do solo do Campo Experimental.

## Propriedades Químicas

Profundidade (cm)	pH(H <sub>2</sub> O) 1:1	C.E./25°C mm hos/cm	Ca <sup>++</sup> Mg <sup>++</sup> Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup>				P ppm	m.e. Al <sup>+++</sup> /100 g solo	M.O. %
			m.e./100 g de solo						
0-30	5,4	0,25	1,0	0,9	0,06	0,24	4,22	0,05	0,38
30-60	4,5	0,29	1,0	1,0	0,06	0,24	1,63	0,05	0,17

## Propriedades Físicas

Profundidade (cm)	Areia %	Siltre %	Argila %	Da <sub>p</sub>	Umidade 0,3	(atm) 15.0	Densidade real
0-30	86	9	5	1,78	6,57	1,66	2,48
30-60	86	8	6	1,57	6,42	1,66	2,46

Espaçamento aproximado de 1,0 m x 1,0 m, correspondendo a uma população de 40.000 plantas/ha.

- B - "Método de cultivo local" + "irrigações de salvação" semelhante do utilizado para a batata-doce.
- C - "Método de cultivo local" + "irrigações de salvação" + "adubação básica" semelhante ao utilizado para a batata-doce.
- D - "Método de cultivo modificado" + "irrigações de salvação" + "adubação básica" plantio em sulcos e camalhões espaçados de 1,0 m. Espaçamento entre plantas de 0,4 m, com duas plantas por cova e uma população estimada em 50.000 plantas/ha.

### **Técnica desenvolvida para o traçado dos sulcos e camalhões (em nível)**

A técnica desenvolvida para o traçado dos sulcos e camalhões (Sc) (em nível), consiste em marcar a linha de água, que limita a área seca com a bacia hidráulica, com piquetes espaçados de 10 m, aproximadamente. A linha de piquetes está em curva de nível, depois que a água armazenada diminui. Os Sc foram abertos à enxada seguindo a linha de piquetes. O primeiro sulco construído serviu de linha básica para a abertura dos demais.

Como a declividade dos solos cobertos pela bacia hidráulica era de aproximadamente 2,5%, o número de sulcos e camalhões construídos, para cada linha básica, não ultrapassou a cinco. A abertura de novos sulcos de referência somente ocorreu quando a lâmina armazenada baixou o suficiente para que fossem traçados cinco novos sulcos em contornos, como se observa na Figura 1. Os Sc permitiam, também, a aplicação de "irrigação de salvação", quando na época de déficit de umidade de solo.

**Plantio.** O método local de plantio foi totalmente desenvolvido pelo produtor, sem que nenhuma sugestão fosse dada por parte da pesquisa. Este método consistiu em simples covas abertas no solo. Enquanto que, o método modificado consistiu em sulcos de 20 cm de profundidade e camalhões

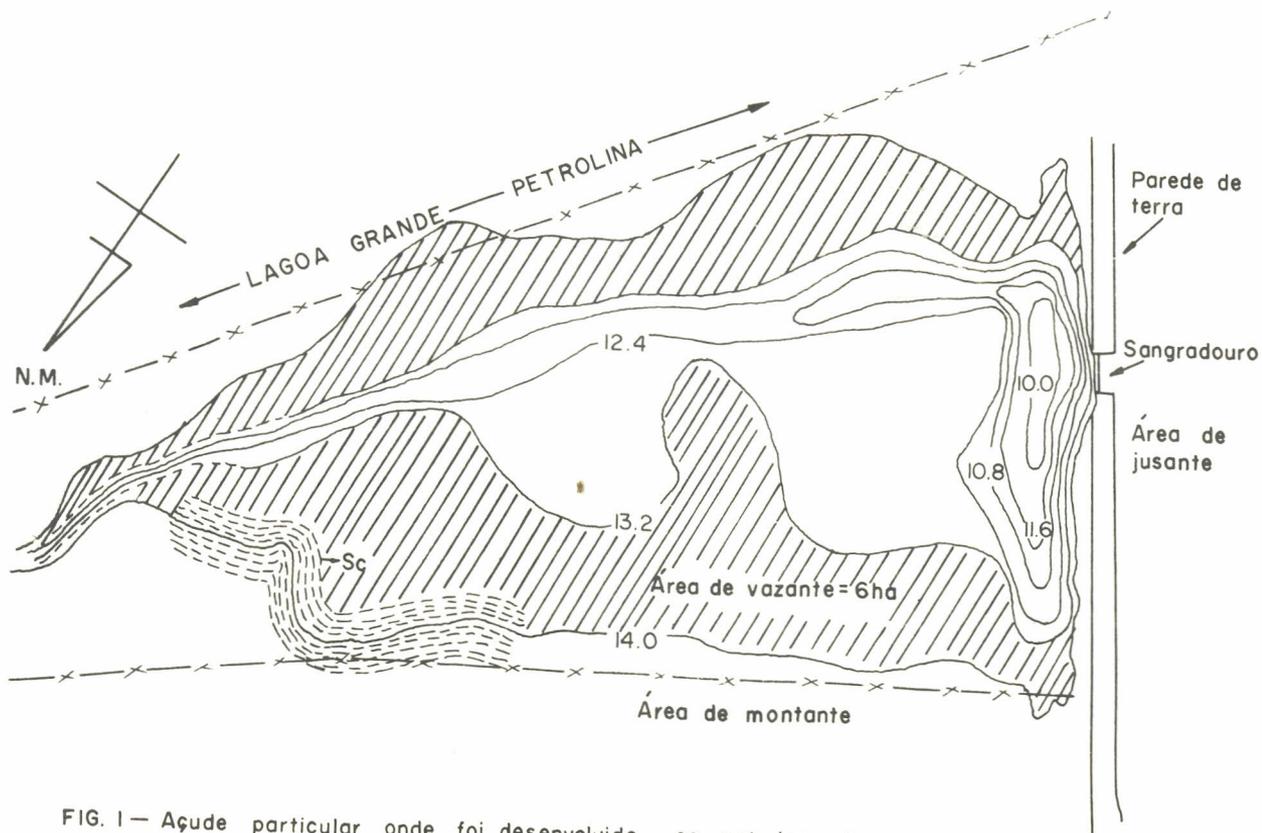


FIG. 1— Açude particular onde foi desenvolvido os estudos de vazante.

lhões de 30 cm de altura.

Os plantios foram efetuados na cova e no camalhão, em 22.7.77 para o milho e em 23.7.77 para a batata-doce. Devido a problemas de excesso de umidade de solo, algumas fileiras do milho não germinaram, daí ter havido replantio em 2.8.77.

**Adubação.** Usou-se a fórmula (60-60-30); sendo que para a batata-doce, todo o adubo foi aplicado em fundação por ocasião do plantio. Os adubos empregados foram sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio.

No caso de milho, os adubos foram os mesmos, sendo aplicado 1/3 do nitrogênio, todo o fósforo e todo o potássio, por ocasião do plantio. Os 2/3, restantes do nitrogênio foram aplicados, em cobertura, aos 45 dias após a germinação do milho.

**Controle de umidade no solo.** O controle de umidade no solo foi realizado através de uma "sonda de Neutrons", especificamente calibrada para o tipo de solo em estudo, cuja equação de calibração se observa na Figura 2.

A determinação da distribuição do conteúdo de água se fez nas profundidades de 30, 50, 70 e 90 cm, com quatro repetições. Essa determinação foi realizada aos 30, 50, 70 e 90 dias após o plantio, seguindo procedimentos descritos por Silva (1977).

**Colheita.** Toda a colheita foi efetuada manualmente. O milho foi colhido em 21.11.77 e a batata-doce em 22.11.77.

**Irrigação suplementar.** Apenas duas "irrigações de salvação" foram dadas para a cultura da batata-doce, sendo de 40 mm cada uma delas. A primeira foi aplicada em 10.10.77 e a segunda em 19.10.77. Não houve necessidade de aplicação de água para a cultura do milho.

As irrigações foram realizadas utilizando-se um conjunto motor-bomba de 3,5 HP, à gasolina, montado em um carro manual com duas rodas, e uma mangueira de plástico de 2" de diâmetro e 50 m de comprimento. Bombeava-se água de açude e irrigava-se os sulcos através de manguei

ra; como estes, estavam em nível, a água escoava facilmente até 200 m de distância, quando se tinha que deslocar o conjunto motor-bomba para outra posição. As mesmas facilidades não foram encontradas quando o método de cultivo foi local. As irrigações foram feitas por cova, sendo bastante ineficientes.

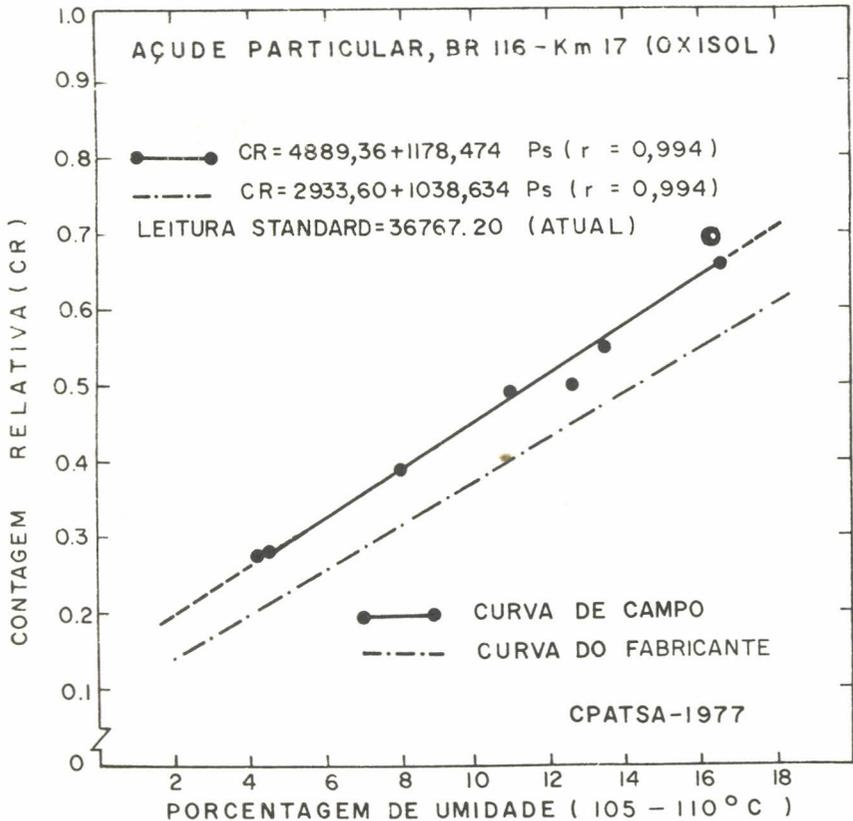


FIG. 2—Curva de calibração relativa da sonda de neutrons no latossolo.

Perdas totais de água no açude e dados climáticos. Para efeito dos cálculos totais de água armazenada no açude, foram instalados três marcos de referência, quando a

bacia hidráulica encontrava-se, na sua cota máxima, correspondente a cota 14,0 da Figura 1. As leituras eram tomadas por diferença de nível entre os pontos de referência e a nova altura da lâmina de água existente no açude, durante um período de 130 dias, tendo-se iniciado em 21.7.77.

Os dados climáticos foram registrados nas Estações Meteorológicas da Caatinga e Bebedouro, pertencentes ao CPATSA-EMBRAPA. Durante a condução do estudo fez-se as observações dos fatores climáticos tais como: precipitação, temperatura do ar, evaporação do Tanque Classe A, umidade relativa e radiação solar, como observa-se na Figura 3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Perdas totais de água no açude

Na Figura 4; observa-se as Perdas Totais de Água (PTA) do açude em relação ao Tanque Classe A (TCA) de 21.7.77 a 27.11.77, correspondendo ao período normal de exploração de vazante de açude no Trópico Semi-Árido, Guerra (1975). A equação que estima as PTA do açude com relação ao TCA, corresponde a  $(PTA = 3,682 + 1,079 \text{ TCA } r^2 = 0,963)$ , cujo coeficiente de correlação é altamente significativo.

Os resultados apresentados na Figura 4 permitem estimar as PTA, para uma região de baixa precipitação, ao redor de 400 mm, EMBRAPA.CPATSA (1979), durante o período de exploração das vazantes em pequenas barragens de terra (açudes).

Na Figura 5, apresenta-se as Perdas de Água acumulada (PAA) no açude e Tanque Classe A, durante o período de exploração de vazante, cujas equações estimadas, são  $(PAA = -35,487 + 9,890x \text{ } r^2 = 0,991)$  e  $(TCA = -26,089 + 9,222x \text{ } r = 0,998)$ , respectivamente. Na equação, o  $x$  corresponde ao número de dias.

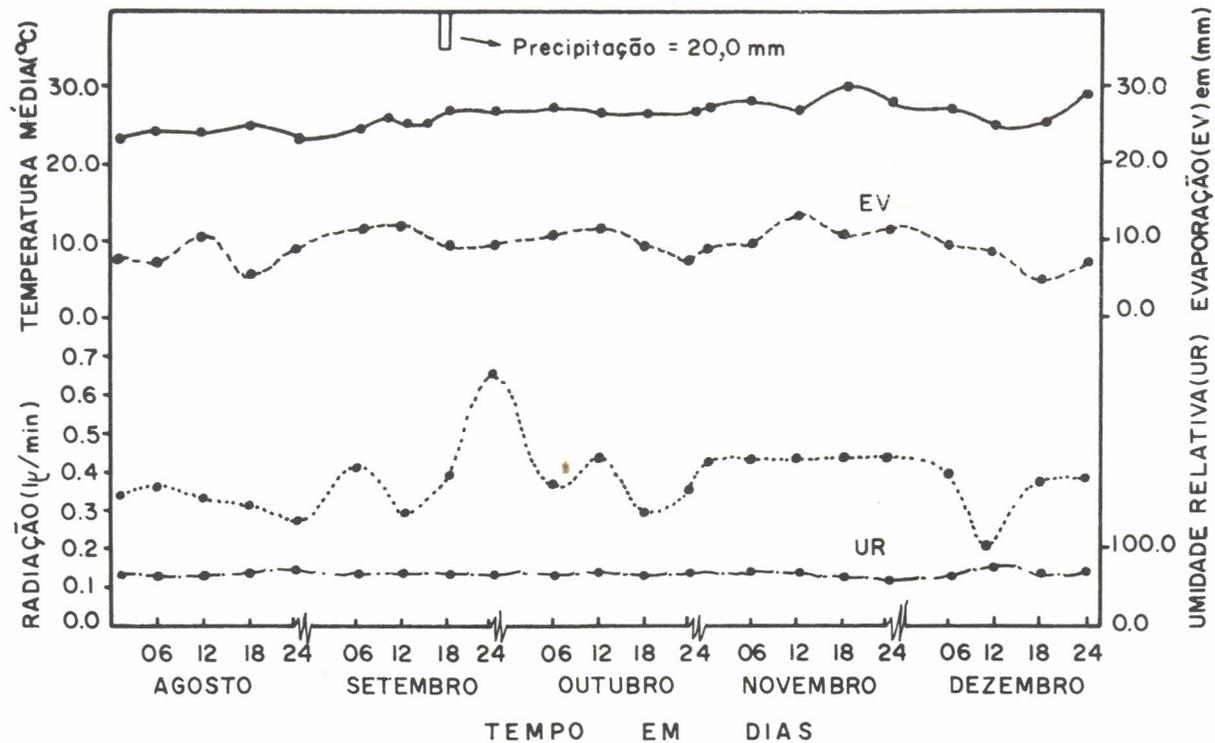


FIG. 3 - Dados climáticos períodos de 6 dias: radiação solar, temperatura, umidade relativa e evaporação durante o ciclo do milho e da batata doce.

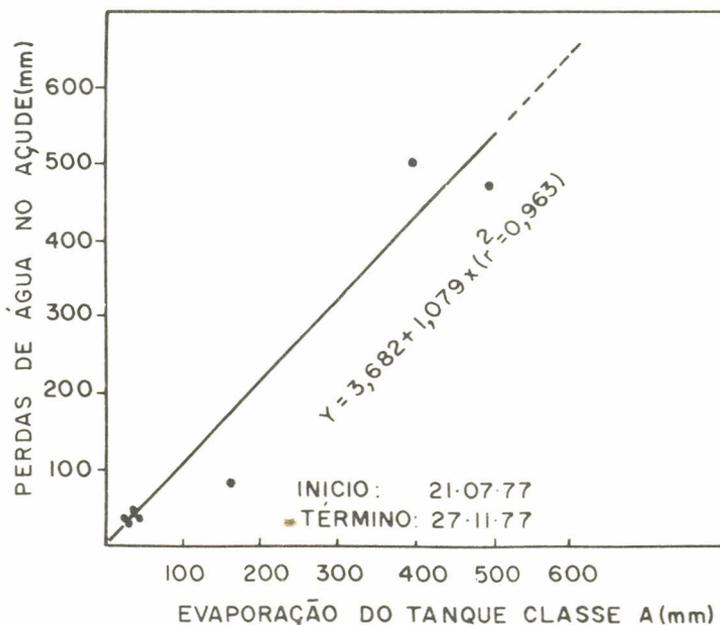


FIG. 4 — Perdas de água do açude em relação ao Tanque "Classe A"

Os resultados encontrados na Figura 5 permitem estimar que, para um período de 129 dias, as PAA correspondem a 288 mm/mês, sendo condizentes com os descritos por, Guerra (1975). Segundo o autor, os açudes do Nordeste perdem 200 mm/mês, de julho a dezembro, somente devido à evaporação.

A bacia hidráulica do açude em estudo compreende uma área de 10 ha, com uma profundidade máxima de 5 m e solos com declividade inferior a 3%, como observa-se na Figura 1. A análise dos resultados encontrados nas Figuras 1 e 5, possibilita estimar que para um período de 84 dias, foram descobertos, aproximadamente, 6 ha de solos, potencialmente agricultáveis e durante este mesmo período, se perderam 20.000 m<sup>3</sup> de água. Devido ao esvaziamento anual que sofrem estes reservatórios, o uso de água de a

çudes, através das "irrigações de salvação", não compromete as atividades da propriedade agrícola relativas à oferta de água para a população e os animais.

Considerando a análise anterior é preferível transformar as PTA em alimento para o consumo humano e animal.

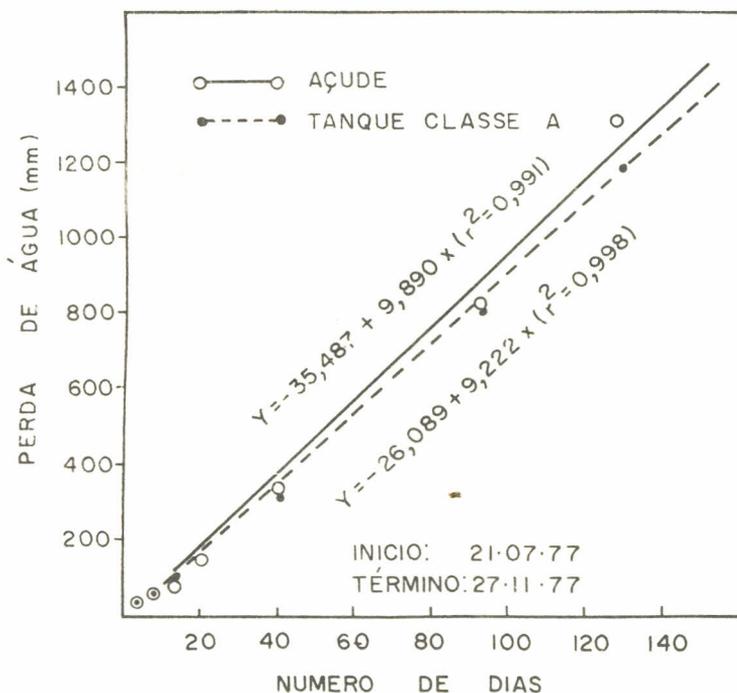


FIG. 5 — Perdas de água acumulada no açude e Tanque "Classe A", durante o período de exploração da vazante.

### Distribuição de umidade na vazante

A distribuição de umidade aproveitável (em base a volume) é apresentada na Figura 6, onde considera-se o Ponto de Murcha Permanente (PMP) e Capacidade de Campo (CC), com umidades 0% e 100%, respectivamente.

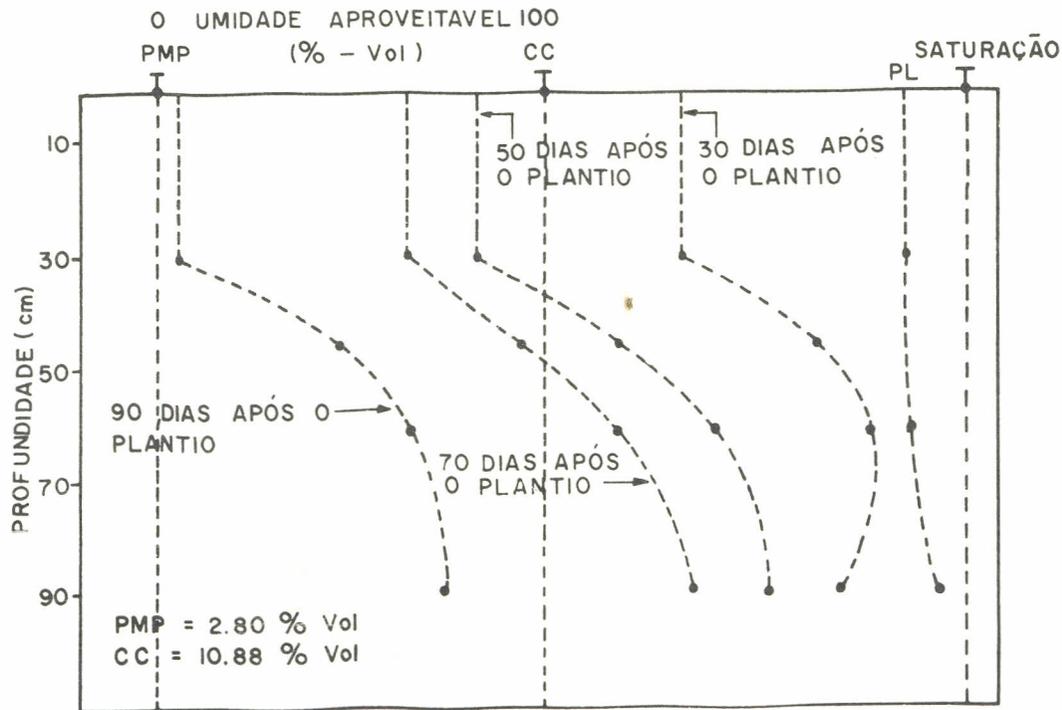


FIG. 6 - Distribuição de umidade na vazante do úmide durante o ciclo do milho e da batata doce.

Analisando-se a distribuição da umidade a diferentes profundidades e tempos, verifica-se que o conteúdo de umidade durante os 30 dias após o plantio, esteve próximo ao ponto de saturação. Este excesso de umidade na camada de 0 a 30 cm de profundidade prejudicou sensivelmente a cultura do milho, quando o plantio foi realizado diretamente no solo, tendo-se que realizar o replantio das parcelas mais próximas ao espelho de água. Todavia, o plantio em sulcos e camalhões possibilitou condições ótimas de germinação para esta cultura.

A batata-doce teve brotação total, não sendo prejudicada pelo excesso de umidade, o que concorda com os resultados de (Houghoudt 1952) citado por Van't Woudt e Hagan (1957).

A umidade aproveitável do solo, a 30 cm de profundidade, no período de 30 a 70 dias após o plantio esteve acima de 70%, sendo suficiente para o desenvolvimento do milho. Entretanto, não foi suficiente para suprir as necessidades hídricas da batata-doce, sendo necessário aplicar 80 mm de água, adicionais, através de duas "irrigações de salvação", com 40 mm cada por meio dos sulcos a nível, traçados seguindo-se a curva de nível da própria água.

### Produção de tubérculos e grãos

Os resultados da produção de batata-doce por tratamento (A, B, C e D), apresentam diferenças significativas quanto ao tratamento A, cuja análise estatística é apresentada na Tabela 2.

Considerando-se as produções médias por tratamento, observa-se que a cultura da batata-doce não foi influenciada significativamente pela adução quando se compara o tratamento B com C, confirmando as informações técnicas descritas por Passos et al. (1975) e Silva et al. (1977).

Entretanto esta cultura foi muito sensível ao déficit de umidade tendo um incremento de produção de 0,87 t/100 m<sup>3</sup>/ha, quando se aplicou duas "irrigações de salvação", num total de 80 mm (mais 20 mm proveniente de chuva) como

se observa analisando o tratamento A em relação ao B, não havendo, porém, diferença significativa entre eles, ao nível de 5% de probabilidade. O que concorda com os resultados obtidos por (Hernandez et al. 1965), citado por Constantin et al. (1974). Houve diferença significativa entre os tratamentos A e C e entre A e D.

TABELA 2. Produção média e aumento relativo da produção de batata-doce para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	Produtividade (t/ha)	Aumento relativo (t/ha)	(%)
A	5,50 a <sup>a</sup>	-	-
B	14,17 ab	8,67	157
C	15,75 b	10,25	186
D	16,08	10,58	192

CV = 27,10%

DMS = 8,89

<sup>a</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento relativo de produção devido ao uso da adubação, quando compara-se o tratamento B com C, é de apenas 29%, enquanto o aumento devido a utilização de sulcos e camalhões, comparando-se o tratamento C com D, foi de 6%. A partir desta análise, se conclui que a adoção de técnicas combinadas em agricultura de vazante, tais como: uso de sulco e camalhões, "irrigações de salvação" e adubação básica, possibilitam um aumento relativo, com relação aos métodos usuais, de 192% para a cultura da batata-doce.

Na Tabela 3 são relacionadas as produções médias de grãos e o aumento relativo em t/ha, para cada tratamento (A, B, C e D).

A fertilidade do solo da área experimental foi considerada baixa. Por este motivo, os maiores incrementos de

produção foram obtidos nos tratamentos C e D, não havendo diferença significativa entre eles, ao nível de 1% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre os tratamentos A e B, que não levaram adubação básica, havendo, porém, diferença entre os tratamentos A e D e entre B e C.

TABELA 3. Produção média e aumento relativo da produção de milho para os diferentes tratamentos.

Tratamento	Produtividade (t/ha)	Aumento relativo (t/ha)	(%)
A	2,42 ab		
B	2,00 a <sup>a</sup>	-0,42	-17
C	4,25 bc	1,83	76
D	4,65 c	2,23	92

CV = 15,5%

DMS = 1,89

<sup>a</sup> Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

A resposta da cultura do milho aos tratamentos (A, B, C e D) aplicados, foi diferente com relação a batata-doce, porque o milho não recebeu nenhuma "irrigação de salvação", fazendo com que o tratamento B, fosse uma repetição do tratamento A. Vale salientar que a umidade existente no solo, proveniente do lençol freático, foi suficiente para suprir as necessidades hídricas desta cultura.

O aumento relativo de produção devido ao uso da adubação, quando compara-se o tratamento A com C, foi de 76%, e o aumento devido ao uso de sulcos e camalhões, comparando-se o tratamento C com D, foi de 16%. Pode-se concluir que a adoção de técnicas combinadas em agricultura de vazio, tais como: adubação básica e confecção de sulcos e camalhões, possibilitam um aumento relativo, com relação aos métodos usuais, de 92% para a cultura do milho, quando não houver necessidade de água suplementar.

Analisando os resultados encontrados nas Tabelas 2 e 3, verifica-se que, embora o aumento relativo de produção referente a utilização de sulcos e camalhões, seguindo a curva de nível da própria água tenha sido de 6% e 16%, para a batata-doce e milho, respectivamente, a adoção desta técnica é imprescindível para a aplicação da água de irrigação, durante os períodos críticos dos cultivos, quando necessária.

De acordo com Woodford & Gregory, citado por Van't Woudt & Hagan (1957), os prejuízos causados na planta por falta de aeração no solo, são maiores, quando o nível de fertilidade é baixo. Os sulcos e camalhões, pelo seu efeito drenante, apresentam a vantagem de melhorar a aeração dos solos, permitindo o desenvolvimento de plantas susceptíveis ao encharcamento e minimizando a redução de produção agravada pela baixa fertilidade.

### CONCLUSÕES

A técnica de sulcos e camalhões, seguindo as curvas de nível formadas pela própria água armazenada no açude, permite a aplicação de "irrigações de salvação", produzindo um aumento relativo de 0,87 t por hectare por cada 10 mm de água adicional, para a batata-doce.

O emprego de técnicas combinadas de adubação e manejo de solo e água, em agricultura de vazante, possibilita um aumento relativo de produção de 92%, para a cultura do milho, em comparação com a tecnologia tradicional.

Os sulcos e camalhões, pelo seu efeito drenante, melhoram sensivelmente a aeração do solo, permitindo que o plantio das culturas, seja realizado com o lençol freático bastante superficial.

A perda total média de água do açude, durante o período de exploração da vazante é de 288 mm/mês (evaporação, percolação e infiltração), sendo superior à suplementação de água das culturas, através de "irrigações de salvação".

A exploração agrícola de vazante de açude em pequenas áreas com "irrigações de salvação", não compromete as atividades da propriedade, relativas à oferta de água para o consumo humano e animal.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Manoel Abílio de Queiroz, pelo estímulo e suas gestões na formulação deste trabalho e aos colegas Arnóbio Anselmo Magalhães e Octávio Pessoa Aragão pela colaboração no desenvolvimento do mesmo.

#### REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. R.; LYRA, H. A. de; FREITAS, M. L. de & LANDA, P. E. M. de. **As vazantes e a tecnologia de produção**. Natal, RN., EMATER, 1980. 17p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Comportamento dos principais sistemas de produção da zona semi-Árida. In: **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas do Nordeste**. Brasília, DF., MINTER, 1973. Cap. 3., p.111-12. (Desenvolvimento Regional - Monografias, 1)
- BRASIL. SUDENE. **Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste: Projeto Sertanejo**. Recife, 1977. 76p. il
- CONSTANTIN, R. J.; HERNANDEZ, T. P. & JONES L. G. Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 99(4):308-10, 1974
- DUQUE, J. G. Algumas questões da exploração de açudes públicos. In: **Solo e Água no polígono das secas**. 4. Ed. Fortaleza, CE., DNOCS, 1973. p. 129-56. (Publicação, 154, Série I-A)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa**

**Agropecuária do Trópico Semi-Árido 1977-1978.** Brasília EMBRAPA-DID, 1979. 133p. il

- GUERRA, P. de B. Agricultura de Vazantes - um modelo agrícola nordestino. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, CE., 1975. **Anais.** Fortaleza, MINTER-DNOCS, ABID, 1976. v.4 p.325-30
- PASSOS, S. M. G.; CANÉCHIO FILHO, V. & ANTÔNIO JOSÉ. Cultura da batata-doce. In: **Principais culturas.** Campinas, SP., Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1975. V.1 p.167-74
- REBOUÇAS, A. da C. & MARINHO, M. E. **Hidrologia das secas do Nordeste do Brasil.** Recife, SUDENE.DRN, Divisão de Hidrologia, 1972. 126p. (Hidrogeologia, 40)
- SILVA, A. de S. **Manejo del agua de riego bajo diferentes metodos de labranza em maiz** (*Zea Mays* L.). Chapingo, Mexico, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 231p. (Tese de Mestrado).
- \_\_\_\_\_. & PORTO, E. R. Introdução à pequena irrigação no "Polígono das secas" utilizando métodos "não convencionais". **Item Irrigação e Tecnologia Moderna**, 1980. (no prelo)
- \_\_\_\_\_.; MARTINS, C. E.; MORGADO, L. B. & MAGALHÃES, A. **A. Estudos preliminares sobre manejo de solo e água em agricultura de vazante de açude.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1977. n.p. (Resumo)
- VAN'T WOUDT, B. D. & HAGAN, R. M. Crop responses at excessively high soil moisture levels. In: LUTHIN, J. N., ed. **Drainage of agricultural lands.** Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1957. p. 514-78. (Agronomy, 7)

IRRIGAÇÃO POR CÁPSULAS POROSAS III:  
AVALIAÇÃO TÉCNICA DO MÉTODO  
POR PRESSÃO HIDROSTÁTICA<sup>1</sup>

Dinarte Aêda da Silva<sup>2</sup>  
Aderaldo de Souza Silva<sup>3</sup>  
Hans Raj Gheyi<sup>4</sup>

INTRODUÇÃO

A região Semi-Árida do Nordeste brasileiro, totalizando cerca de 850.000 km<sup>2</sup>, com uma densidade demográfica de 14 hab/km<sup>2</sup> (Brasil.SUDENE 1977), representa 52% da su perfície do Nordeste.

À semelhança de outras regiões Áridas e Semi-Áridas do mundo, apresenta grande potencial agrícola. A instabilidade climática, todavia, representada, principalmente, pela escassez e intermitência das chuvas tem sido a maior res ponsável pela incerteza das safras agrícolas.

Segundo o INCRA (1974), aproximadamente 84% do total das propriedades rurais possuem uma área menor do que 100 ha e ocupa 12% da área total da região. Estudos realizados nos 20 primeiros Núcleos do Projeto Sertanejo, classificam os agricultores de acordo com a posse da terra: 40% sem terra, 56% com pequenas propriedades e 4% com mé dia e grande propriedades. Segundo dados do Brasil.SUDENE (1977), para análise de efeito das secas, 79% do total das famílias agrícolas do Nordeste, em estado de emergência, em 1970, correspondia aos dois primeiros estratos populacionais.

<sup>1</sup>Contribuição do Convênio SUDENE/CNPq/BID/EMBRAPA. Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor apresentada no CCT/UFPb

<sup>2</sup>Professor do Departamento Agropecuário da UFRN, Natal-RN.

<sup>3</sup>Pesquisador em Manejo de Solo e Água para zonas áridas do CPATSA-EMBRAPA, Petrolina-PE.

<sup>4</sup>Professor, Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFPb, Campina Gran de-PB.

De acordo com Queiroz (1979), os pequenos agricultores da região Nordeste, normalmente, exploram um sistema de produção complexo envolvendo agricultura e pecuária, onde as espécies vegetais são, principalmente, culturas alimentares e culturas rentáveis em consorciação. A predominância dessas culturas alimentares exploradas, quase que, exclusivamente, em condições dependentes de chuva, correspondendo a 98% do valor total da produção, faz com que, em anos de seca, a economia da região semi-árida seja drasticamente afetada e que os mais atingidos pelos seus efeitos sejam os pequenos produtores (Brasil.SUDENE 1977; Brasil.MINTER,GEIDA 1970).

Os recursos hídricos disponíveis, anualmente no Nordeste, totalizam 24.000.000.000 m<sup>3</sup>, sendo 20.000.000.000 armazenados superficialmente, (Rebouças e Marinho 1972), e 4.000.000.000 de reserva subterrânea (Pontes 1975). Por outro lado, existem 70.000 açudes, sendo 257 públicos, armazenando 11.496.702.000 m<sup>3</sup> (Guerra 1975 e 1980), 15.000 poços profundos, já perfurados (Rebouças e Marinho 1972), possibilitando a sobrevivência de mais de 3.000.000 de pessoas através da exploração agrícola das áreas circunvizinhas a esses reservatórios, mesmo nos anos de seca intensa.

As considerações expostas, anteriormente, evidenciam dois problemas: o primeiro, ocasionado pela predominância de pequenos agricultores, explorando culturas alimentares suscetíveis aos efeitos das secas, associados a uma grande concentração de minifúndios e, o segundo, pela existência de recursos hídricos ainda subexplorados em sua totalidade. Grande parte dos problemas já estão sendo reduzidos através de projetos desenvolvidos pelos Órgãos Governamentais e empresas particulares por meio da irrigação convencional, que é uma das alternativas mais promissoras para as regiões áridas, quando se pretende aumentar a produtividade dos cultivos e reduzir-se a pressão social (Israelsen e Hansen 1973).

Segundo Goldberg (1974), as limitações práticas da irrigação convencional por gravidade com sua variáveis condições, basicamente, na baixa eficiência de irrigação, estimada entre 20 e 30% nos países subdesenvolvidos do mun

do. Devido à baixa eficiência neste tipo de irrigação, maior volume de água é requerido e há necessidade de estruturas de bombeamento mais amplas, maior capacidade dos canais de distribuição e um eficiente sistema de drenagem (Michael, Mohan e Swaminathan 1972).

"A irrigação atual desenvolvida no Nordeste, segundo Gomes (1979) tem levado, em pequena conta, os interesses e aspirações da população mais pobre do campo, entretanto esta não pode gerar desconfiança quanto às possibilidades teóricas da irrigação como uma estratégia para a solução de parte dos problemas da agricultura Nordestina."

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA) visando solucionar parte do problema, vem desenvolvendo o método de "irrigação por cápsulas porosas", o qual utiliza matéria prima e mão-de-obra regionais, de fácil manejo, alta eficiência de uso de água e auto-regulável, apresentando possibilidade de estabilizar e/ou incrementar as produções agrícolas, principalmente as culturas de subsistência em pequenas áreas.

Os primeiros estudos básicos sobre o desenvolvimento do método de irrigação por cápsulas porosas, funcionando sob tensão (sucção), foram realizados no México, inicialmente por Olguin (1975). Durante os últimos anos efetuaram-se estudos de evapotranspiração (Santos 1977), eficiência de uso de água em morango (Garcia 1977), uso de água salina em tomate, feijão e trigo (Morales 1978) e desenvolvimento de um modelo matemático (Rendon 1979). 10 dos estes trabalhos foram pesquisados em pequenas parcelas e em casa de vegetação.

Avaliando o método de irrigação por cápsulas porosas sob tensão Rendon (1979) observou que a condutividade hidráulica da cápsula porosa diminuiu. Esta redução, durante o decorrer do experimento, constituiu-se na principal desvantagem para se continuar desenvolvendo o método. Diante do problema, sugeriu-se o uso de cápsulas mais porosas e que se trabalhasse sob diferentes gradientes de tensão e pressão.

Silva et al. (1978) e Silva, Santos & Magalhães (1978) introduziram o método de irrigação por cápsulas porosas

no Trópico Semi-Árido Nordeste, iniciando a adaptação do mesmo às condições sócio-econômicas e naturais da região.

A cápsula porosa é o principal elemento do sistema. Para efeito de comparação e evolução dos estudos no CPATSA, a cápsula trazida do México continha quatro orifícios, sendo dois superiores e dois inferiores, fabricada de argila pura, não expansível, queimada a 850°C, capacidade para 600 cc de água e uma porosidade de 18%, Santos (1977) e Silva, Santos & Magalhães (1978). A cápsula atual é confeccionada com uma mistura de materiais plásticos e elásticos, queimada a 1.120°C, capacidade de 700 cc, resistência mecânica de 5 kg/cm<sup>2</sup> e uma porosidade de 21%, com dois bicos conectores na parte superior, Silva et al. (1980).

As modificações realizadas na cápsula original oferecem uma série de vantagens, tais como: condutividade hidráulica superior, permitindo uma liberação média diária por unidade de 5 litros, possibilidade de queima a 1.120°C, implantação de linhas com 100 m de comprimento, facilidade de conexão e redução dos custos de implantação com a eliminação de uma mangueira.

Com base no exposto, estudou-se o método de irrigação por cápsulas porosas como alternativa para implantação da pequena irrigação, em regiões com pouca disponibilidade d'água, em pequenas áreas onde pequenos e médios produtores exploram, basicamente, culturas alimentares. O trabalho consiste em caracterizar o método sob diferentes condições de pressão hidrostática e em escala operacional.

#### MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Campo Experimental de Bebedouro do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA) em Petrolina, PE, de 6 de setembro de 1979 a 18 de janeiro de 1980.

De acordo com Pereira & Souza (1968), o solo da área experimental é da série dos "Latosolos", unidade 37 AB, cujas características físico-hídricas foram descritas por Choudhury & Millar (1979).

As características técnicas do método de irrigação por cápsula porosa foram avaliadas, através do registro diário da liberação de água no solo e sua distribuição no tempo e espaço, para diferentes populações de plantas de milho (*Zea mays* L.), cultivar Centralmex.

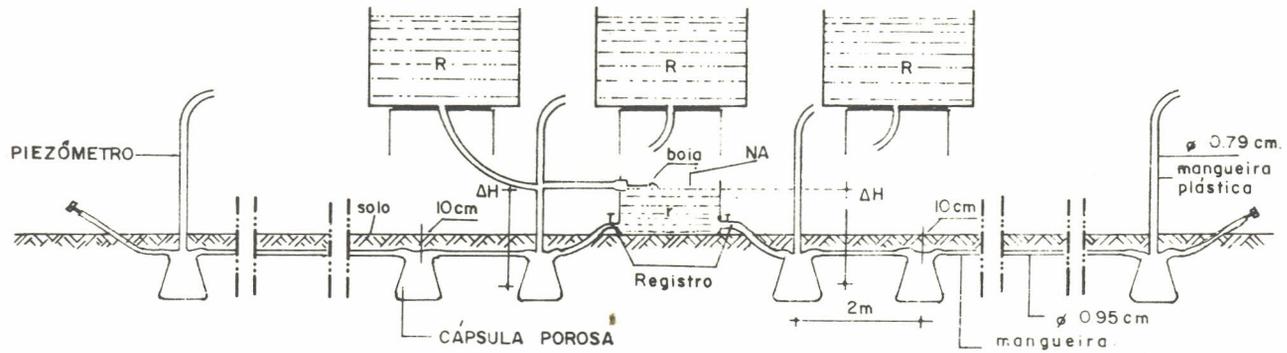
O desenho experimental usado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em três tratamentos e cinco subtratamentos, igualmente espaçados, com três repetições. A disposição dos tratamentos e reservatórios de abastecimento são apresentados nas Figuras 1 e 2. Os tratamentos (T) corresponderam a diferentes pressões hidrostáticas: 0,35 m (T<sub>1</sub>), 0,50 m (T<sub>2</sub>) e 0,75 m (T<sub>3</sub>) e os subtratamentos (P) corresponderam a diferentes populações de plantas: uma (P<sub>1</sub>), quatro (P<sub>2</sub>), sete (P<sub>3</sub>), dez (P<sub>4</sub>) e treze (P<sub>5</sub>), onde cada um continha dez cápsulas porosas.

O preparo do solo constou de aração e gradagem, seguido de um levantamento planialtimétrico da área experimental e locação de curvas de nível básicas na área correspondente a cada bloco. Seguindo-se as curvas de nível, foram abertos nove sulcos equidistantes de 2 m, 100 m de comprimento e profundidade de 0,25 m (0% de declividade).

Nos sulcos, foram instaladas as linhas de irrigação onde cada uma delas era composta de 50 cápsulas porosas conectadas entre si, de 2 em 2 m, através de mangueira plástica transparente de 3/8" de diâmetro. Cada linha, independentemente, conectava-se com um reservatório de água (r), de nível constante, que por sua vez mantinha-se em comunicação direta com o reservatório (R) de abastecimento (Figuras 1 e 2). Os reservatórios R e r eram caixas de cimento amianto de 250 e 50 litros, respectivamente.

Os fertilizantes empregados foram o sulfato de amônio, superfosfato simples e o cloreto de potássio, na proporção de 50, 60 e 20 kg/ha, respectivamente. No plantio foi aplicado 1/3 de nitrogênio e quantidade total de fósforo mais potássio. Os 2/3 restantes de nitrogênio foram incorporados, em cobertura, aos 25 e 45 dias após a germinação. A distribuição dos fertilizantes foi feita num raio de 15 cm e profundidade de 4 cm ao redor de cada unidade porosa. Considerando-se a área de exploração pelas plantas, como sendo 1 m<sup>2</sup> por cápsula, então, os fertili





r — Reservatório de água a nível constante (50 L)

R — Reservatório de Abastecimento (250 L)

Fig.2 Corte Longitudinal A,A

zantes foram quantificados, somente, para uma área total equivalente a 450 m<sup>2</sup>.

O plantio do milho foi realizado, manualmente, no dia 6 de setembro de 1979, sendo as sementes distribuídas num raio de 20 cm e, igualmente, espaçadas em torno da cápsula porosa. O desbaste foi executado aos quinze dias após o plantio, deixando-se, por cápsula, o número de plantas especificado para cada subtratamento (P).

Durante o ciclo da cultura, foram efetuadas duas capinas e uma amontoa, sendo os tratamentos fitossanitários, somente executados por ocasião da ocorrência de pragas, usando-se como defensivos Carbaryl, Paration Metílico e Monocrotofós.

Realizaram-se observações dos seguintes fatores climáticos: precipitação, temperatura do ar, evaporação do Tanque Classe A e umidade relativa na Estação Climatológica do Campo Experimental de Bebedouro durante um período de 74 dias.

Os volumes de água consumidos por tratamento T foram computados duas vezes ao dia (nove e quinze horas), diretamente do reservatório R de cada uma das linhas de irrigação.

A determinação da distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado se fez pelo método gravimétrico às profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm a cada ponto equidistante do eixo vertical das cápsulas porosas de 10, 20, 30 e 40 cm. Esta determinação foi realizada para os subtratamentos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>5</sub> aos 21, 42 e 83 dias, após o plantio, seguindo-se procedimentos descritos por Catão (1975) e Silva (1977).

Os registros do potencial mátrico ( $\Psi_p$ ) efetuaram-se por meio de tensiômetros instalados nos subtratamentos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>5</sub> a dois centímetros da parede das cápsulas e a 25 cm de profundidade. As leituras foram efetuadas diariamente às nove horas e, para cálculo dos potenciais de água no solo, usou-se a metodologia proposta por Reichardt (1978).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Liberação diária de água por cápsula porosa durante o ciclo de cultivo

A liberação diária de água por cápsula porosa, para os diferentes tratamentos T, evaporação do Tanque Classe A e precipitação durante 74 dias, encontram-se na Figura 3.

Analisando-se as curvas de liberação diária de água por cápsulas porosas para os tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, apresentados na Figura 3, observa-se que as liberações não foram uniformes e variaram de acordo com os tratamentos e condições climáticas, muito embora estas variações não tenham sido significativas com relação à evaporação do Tanque Classe A. As tendências detectadas para os diferentes tratamentos T, referentes à liberação de água por cápsula, ao seguirem as mudanças climáticas relativas à precipitação e à evaporação, foram inferiores aos resultados obtidos por Olguin et al. (1976), Garcia (1977), Santos (1977) e Silva et al. (1978), quando empregaram o método sob tensão, uma vez que na ocorrência de um decréscimo brusco na evaporação do Tanque Classe A, as liberações de água decresciam sensivelmente. No presente trabalho observou-se que, após as precipitações ocorridas a partir do dia 6 de novembro de 1979, os tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub> reduziram suas liberações de água mais sensivelmente do que o T<sub>3</sub>, se bem que as liberações de água por cápsula, mesmo para o T<sub>1</sub>, ficaram, ainda, ao redor 4 l/dia (Fig.3). Estes resultados são coerentes com o fato do potencial de água, no interior da cápsula porosa, ser positivo, Rendon(1979).

Os dados apresentados na Figura 3 permitem concluir que o método de irrigação por cápsulas porosas sob pressão é menos sensível que o método funcionando sob tensão, quando se trata de correlacionar as liberações de água pelo sistema com a evaporação do Tanque Classe A.

Analisando-se os valores de liberação média diária de água por cápsula porosa, encontrados na Tabela 1, observa-se que houve diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade entre os tratamentos T. As maiores liberações de água foram registradas nos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>. Isto demonstra que as diferentes pressões hidrostáticas influenciaram na liberação de água pelas cápsulas, confirman

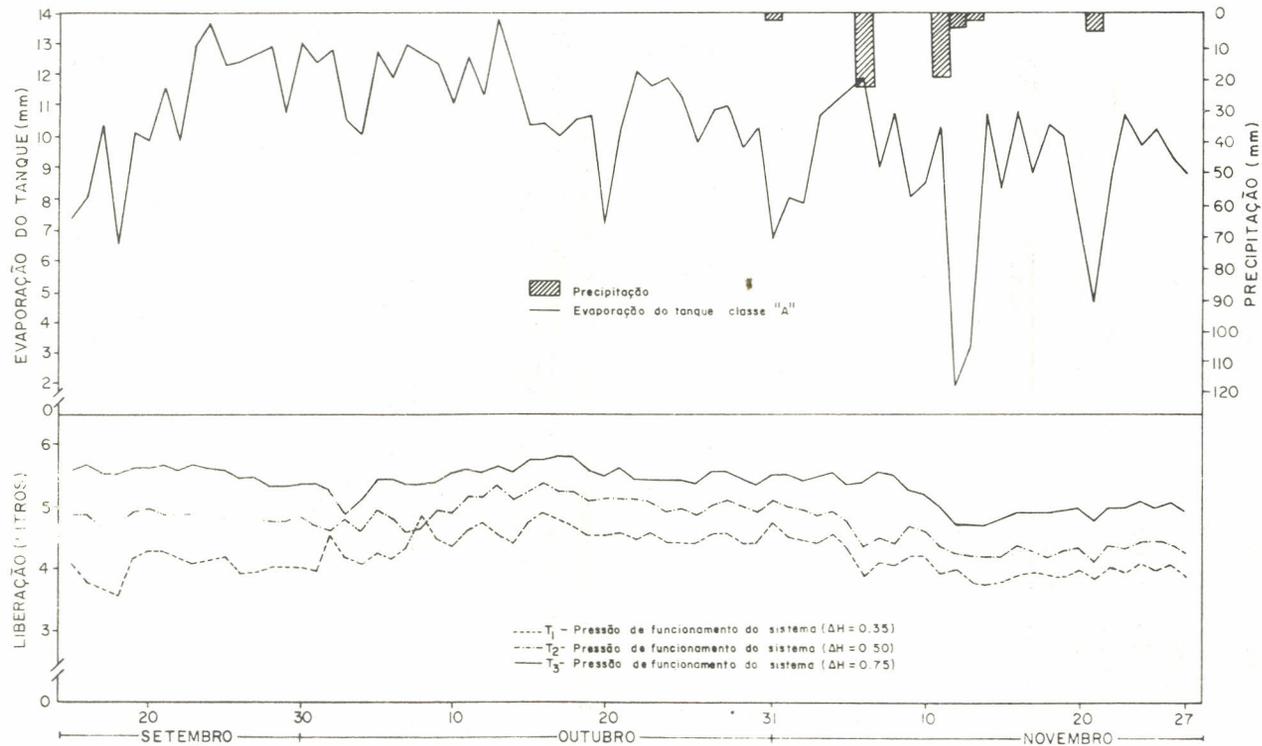


Fig. 3 Liberação diária de água por cápsulas porosas para os tratamentos, evaporação do tanque classe "A" e precipitação durante o ciclo vegetativo do milho.

do-se resultados obtidos por Rendon (1979). Segundo seus resultados, a vazão da cápsula aumentou à medida que se elevou o potencial de água no seu interior.

TABELA 1. Liberação média de água por cápsula porosa e em  $m^3/ha$  para os diferentes tratamentos durante o ciclo de cultivo.

Tratamento	Liberação média de água p/cápsula		$m^3/ha$
	Diária <sup>a</sup>	Total	
T <sub>1</sub>	4,30	318,23	795,6
T <sub>2</sub>	4,83	357,40	983,5
T <sub>3</sub>	5,40	399,41	999,6

<sup>a</sup>CV (%) = 2,00

DCS (Tukey 1%) = 0,26

O baixo coeficiente de variação, determinado através da análise de variância, com relação à liberação média de água pelas cápsulas porosas, Tabela 1, demonstra que estas apresentam uniformidade de liberação, podendo ser utilizadas em estudos que envolvam água, solo e planta e que exijam precisão.

Os reduzidos volumes de água liberados, durante mais de 80 dias, demonstram a viabilidade de utilização do método em regiões com recursos hídricos escassos.

#### Distribuição do conteúdo de água no solo, no tempo e espaço

As distribuições das umidades aproveitáveis (em base a volume) estão apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6, onde considera-se o Ponto de Murcha Permanente (PMP) e a Capacidade de Campo (CC) com umidades 0% e 100%, respectivamente.

Analizando-se a distribuição da umidade na direção horizontal e nas diferentes profundidades, verifica-se que maior conteúdo de umidade foi encontrado ao redor dos primeiros 10 cm do eixo vertical das cápsulas porosas e nas amostras correspondentes às profundidades de 15-30 cm. Algumas irregularidades observadas nas Figuras 4, 5 e 6 devem-se às variações de solo em diferentes camadas, no que diz respeito a CC, PMP e Densidade aparente ( $D_a$ ), dificultando uma avaliação mais detalhada da distribuição do conteúdo de água no solo, no tempo e no espaço.

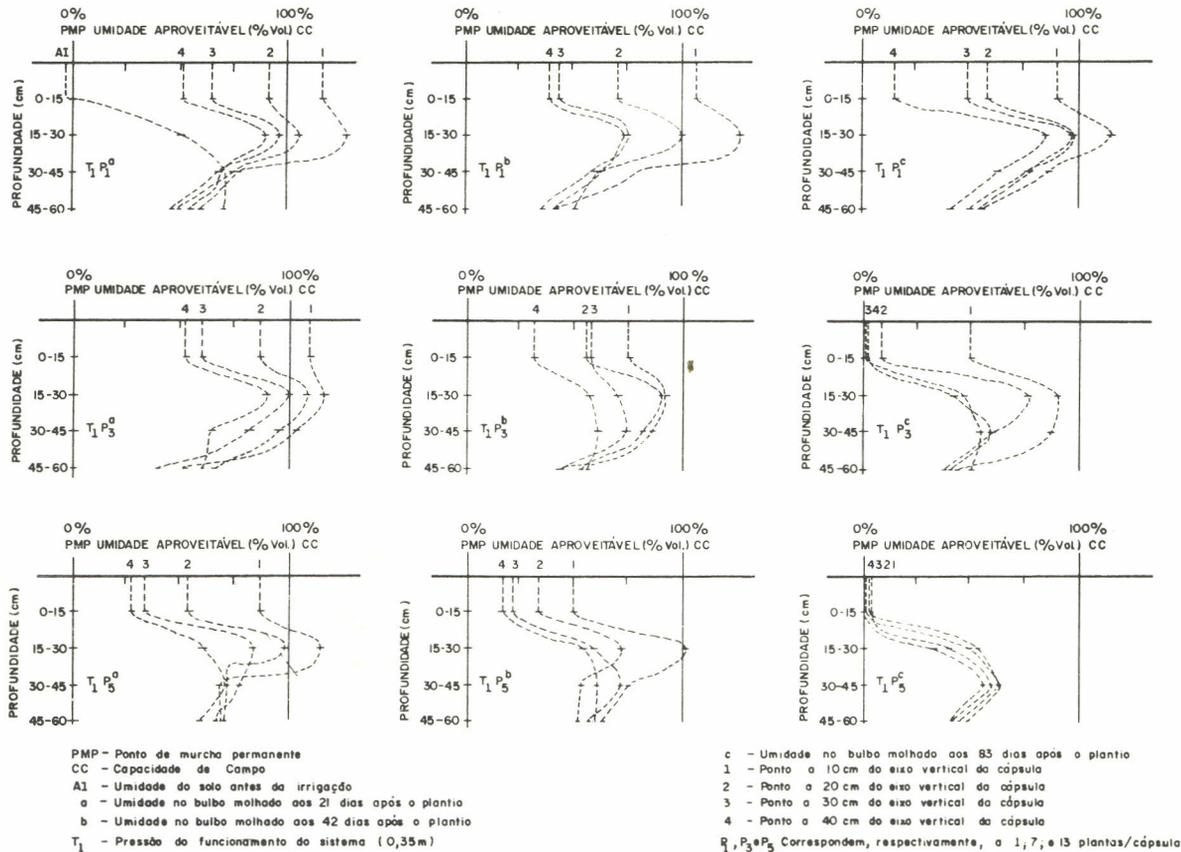


Fig. 4 Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.

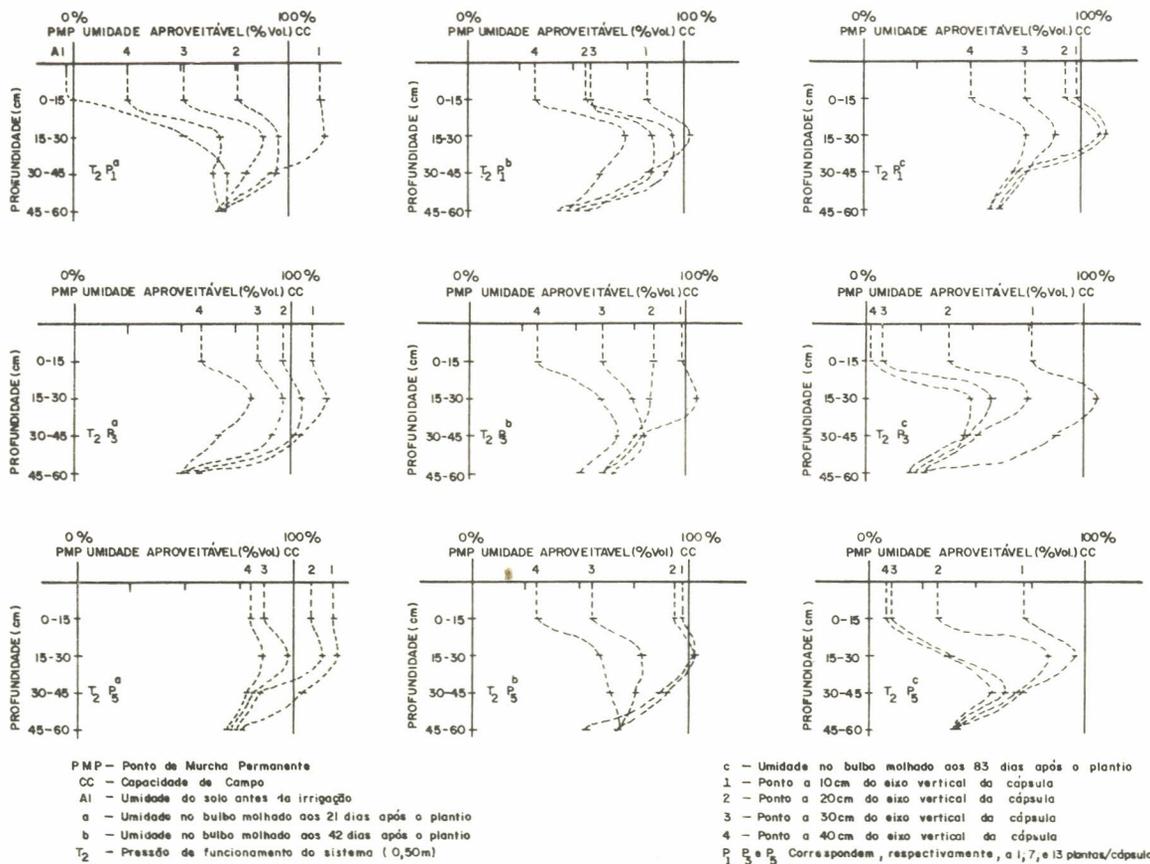
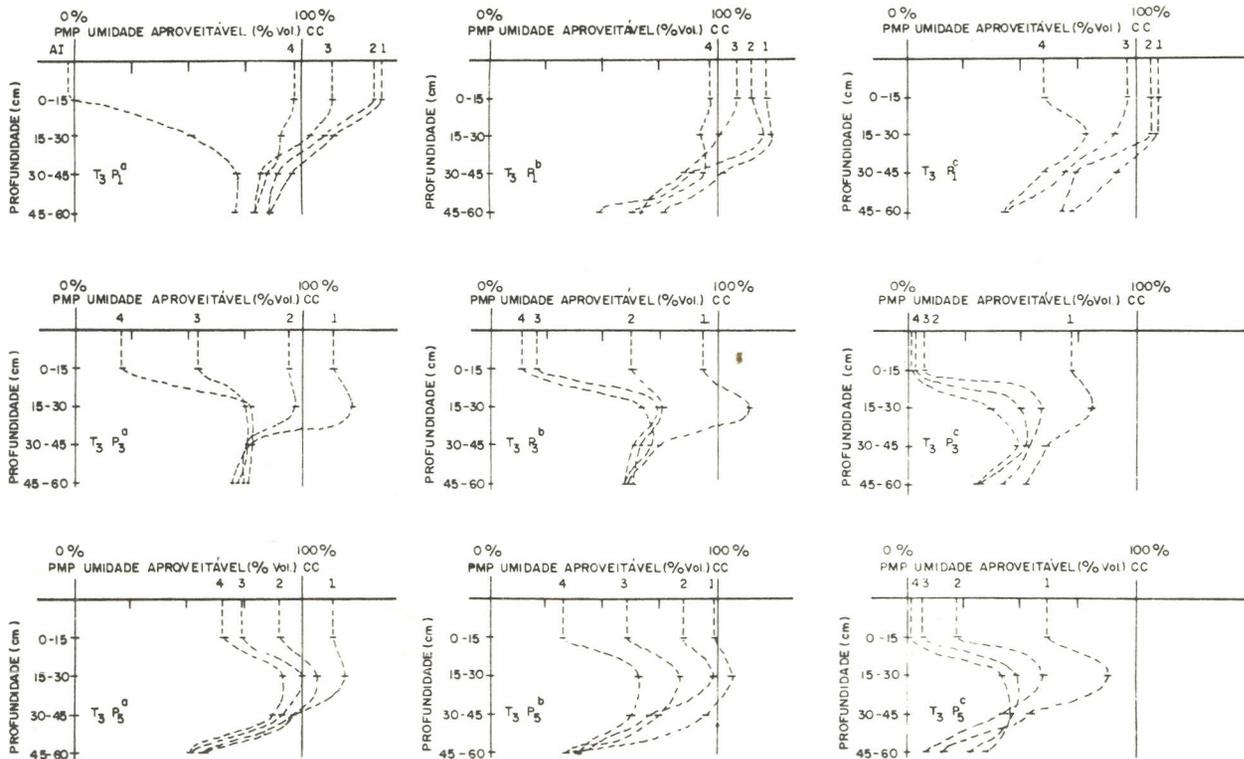


Fig. 5 Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.



PMP - Ponto de Murcha Permanente  
 CC - Capacidade de Campo  
 AI - Umidade do solo antes da irrigação  
 a - Umidade no bulbo molhado aos 21 dias após o plantio  
 b - Umidade no bulbo molhado aos 42 dias após o plantio  
 $T_3$  - Pressão de funcionamento do sistema (0,75 m)

c - Umidade no bulbo molhado aos 83 dias após o plantio  
 1 - Ponto a 10 cm do eixo vertical da cápsula  
 2 - Ponto a 20 cm do eixo vertical da cápsula  
 3 - Ponto a 30 cm do eixo vertical da cápsula  
 4 - Ponto a 40 cm do eixo vertical da cápsula  
 $R_1, R_3$  e  $R_5$  Correspondem, respectivamente, a 1, 7 e 13 plantas/cápsula

Fig. 6 Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.

A distribuição do conteúdo de água para o tratamento T<sub>1</sub>, como se observa na Figura 4, e para os subtratamentos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>5</sub>, apresenta variações entre 50 e 100% de Umidade Aproveitável (UA) ao redor de um bulbo molhado de 80 cm de diâmetro e profundidades de 15 a 45 cm, respectivamente, durante todo o ciclo de cultivo. Com exceção dos T<sub>1</sub>P<sub>3</sub> e T<sub>1</sub>P<sub>5</sub>, que apresentaram decréscimo de UA aos 83 dias após o plantio, principalmente o último, cuja umidade permaneceu dentro do bulbo molhado ao redor de 35 a 65%. Também se comprova que esta disponibilidade de umidade tende a crescer à medida que se aumenta T, como se verifica analisando as Figuras 5 e 6 para os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>. A disponibilidade de umidade foi mais expressiva para o T<sub>3</sub>P<sub>1</sub> no decorrer do período fenológico.

Os dados de potenciais diários, obtidos pelos tensiômetros de mercúrio para o T<sub>1</sub> a 2 cm das paredes das cápsulas e a 25 cm da superfície do solo indicam que o conteúdo de água no solo manteve-se sempre, acima de CC como mostra a Figura 7.

Os potenciais de água no solo dados em atm. (Fig. 7) apresentam coerência, proporcionais aos resultados das amostragens gravimétricas (Fig. 4), para os 42 e 83 dias após o plantio.

Os mais elevados potenciais foram registrados para o P<sub>1</sub>, justificado pela menor demanda evapotranspirativa da cultura. Por outro lado, P<sub>3</sub> apresentou potenciais mais baixos do que P<sub>5</sub> a partir dos 54 dias após o plantio. Estes resultados estão de acordo com os dados de maior desenvolvimento foliar final e produção de milho para P<sub>3</sub> segundo Silva et al. (1978). Os potenciais para o T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, comparados às amostragens gravimétricas, correspondentes às Figuras 5 e 6, respectivamente, foram semelhantes, nos aspectos estudados, ao T<sub>1</sub>.

A distribuição do conteúdo de água se comporta distintamente para cada tratamento T, com relação a um mesmo subtratamento P, aos 21, 42 e 83 dias após o plantio. Entretanto, esta variabilidade da UA é menos significativa para os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>. Isto se explica porque houve maior liberação de água pelas cápsulas do tratamento T<sub>2</sub> (4,83 l/dia) e T<sub>3</sub> (5,40 l/dia) sendo, portanto, menor o

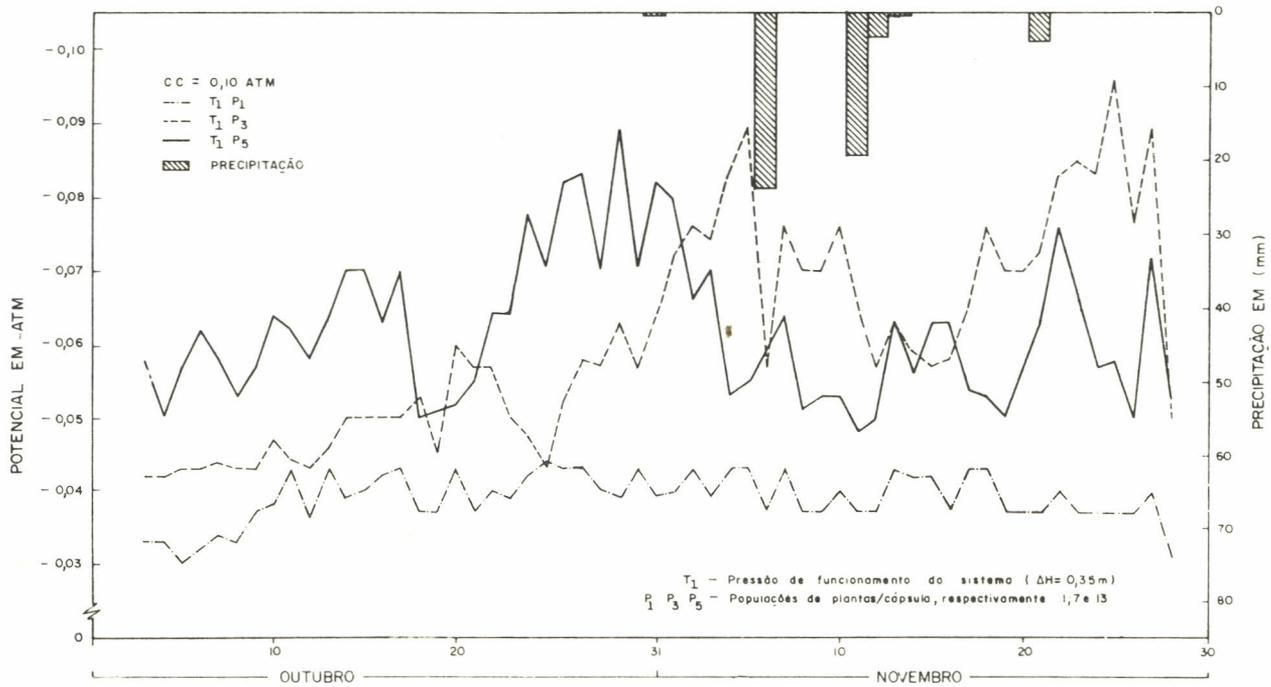


Fig. 7 Potenciais Matriciais diários dos sub-tratamentos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>5</sub> do tratamento T<sub>1</sub> e precipitações no período (Outubro/Novembro)

déficit de UA para as populações mais altas: sete a treze plantas por cápsulas porosas (Figuras 5 e 6). Todavia, no que diz respeito ao subtratamento P<sub>1</sub>, ocorreu um acréscimo da UA nos pontos igualmente espaçados de 10 cm, (1, 2, 3 e 4) do T<sub>3</sub> comparado ao T<sub>1</sub>, mas o mesmo não ocorreu para o T<sub>2</sub> (Figuras 4, 5 e 6), durante o ciclo de cultivo.

As UA's existentes dentro dos bulbos molhados variaram, significativamente, para diferentes tratamentos e subtratamentos como demonstram as Figuras 4, 5 e 6, cujas UA's para uma distância horizontal de 40 cm Brasil, SUDENE (1977) do eixo vertical da cápsula porosa e uma profundidade de 0-15 cm, variaram de aproximadamente 100% para o T<sub>3</sub>P<sub>1</sub> a zero para o T<sub>1</sub>P<sub>5</sub>, respectivamente, aos 21 e 83 dias após o plantio. Por estas observações conclui-se que a população P<sub>5</sub> é muito alta para o tratamento T<sub>1</sub> e a população P<sub>1</sub> é muito baixa para o tratamento T<sub>3</sub>, com relação ao uso de água pelas plantas.

Os resultados apresentados nas Figuras 4, 5 e 6, para o subtratamento P<sub>3</sub> e tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, demonstram que as UA's sempre estiveram entre 60 e 100% para um bulbo molhado médio de 40 cm de diâmetro e uma profundidade média entre 15-45 cm. Este resultado se confirma, uma vez que, a distribuição do conteúdo de água no solo é importante para um melhor manejo de cultivos; Baver et al. (1973), Kramer (1974) e Hillel (1971), Singh et al. (1978) afirmaram que as culturas anuais não são afetadas em seus rendimentos, quando a suplementação de UA é superior a 60%.

A máxima demanda de água durante o período crítico do milho, para diferentes subtratamentos P, afetou a distribuição do conteúdo de água, reduzindo-a no espaço, como se observa, principalmente aos 42 e 83 dias após o plantio. A mais significativa redução foi observada no tratamento T<sub>1</sub> (Figura 4).

A distribuição do conteúdo de água no solo pelo método de irrigação por cápsulas porosas, funcionando sob pressão, permite concluir que houve um acréscimo de umidade na camada de 0-30 cm e as disponibilidades máximas às profundidades entre 15 e 45 cm, formaram um bulbo molhado com diâmetro médio de 80 cm. A menor quantidade de UA foi

observada para o T<sub>1</sub>P<sub>5</sub>, aos 83 dias após o plantio. Mesmo para o tratamento que forneceu maior liberação de água por cápsula porosa (T<sub>3</sub>) os dados encontrados não demonstram que verificaram-se perdas de água por percolação profunda.

O intervalo entre irrigações, nos métodos convencionais, provocam déficits hídricos nas culturas, como ocorrem nos métodos de irrigação por gravidade e suas variantes, aspersão e gotejamento (Olguin et al. 1975 e Singh et al. 1978). Entretanto, no método de irrigação por cápsulas porosas, este déficit não se verifica, devido a constante e uniforme liberação de água dentro do solo como se observa através dos dados apresentados nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

Uma análise dos resultados obtidos permite concluir que, funcionando sob pressão, o método de irrigação por cápsulas porosas é tecnicamente viável para aquelas propriedades agrícolas que dispõem de recursos hídricos limitados. Isto devido ao baixo consumo d'água, estimado em aproximadamente 1.000 m<sup>3</sup> por hectare, durante um período de 90 dias. Este baixo requerimento d'água ratifica-o para os tipos de exploração mais comuns do Semi-Árido (culturas alimentares, etc.), possibilitando cultivos sucessivos ao longo do ano.

O método de irrigação estudado demonstrou algumas importantes vantagens, tais como: auto-regulável, dispensa força motriz; altíssima eficiência de aplicação e distribuição de água; fácil manejo. Como limitações, necessita entretanto que se determine a durabilidade do sistema, isto porque, em condições de campo, não se vem observando redução nas liberações de água, quando o método funciona continuamente. Quando se testa, em condições de laboratório, verifica-se que esta redução ocorre.

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método de irrigação por cápsulas porosas, funcionando sob pressão, é tecnicamente viável para pequenas áreas de propriedades agrícolas que dispõem de recursos hídricos limitados, devido ao baixo consumo de água requerido. Consumo estimado em 1.000 m<sup>3</sup>/ha/2.500 cápsulas/90 dias.

O consumo de água para as pressões hidrostáticas de 0,35, 0,50 e 0,75 m foram, respectivamente, de 796, 984 e 1.000 m<sup>3</sup>/ha, durante 90 dias, demonstrando grande economia de uso de água.

As cápsulas porosas apresentaram alta uniformidade na liberação de água durante o período estudado, podendo serem utilizadas em estudos precisos que envolvam água, solo e planta.

O potencial matricial de água no solo, a dois centímetros das paredes das cápsulas, manteve-se pouco acima de CC e a UA dentro do bulbo molhado sempre esteve entre 60 e 100% para um diâmetro médio de 40 cm e nas faixas de 15 a 45 cm de profundidade, durante o ciclo do cultivo.

O método de irrigação por cápsulas porosas é um método de irrigação localizada, onde os teores de umidade tendem a crescer de 0 a 30 cm de profundidade, atingindo, aí, seu nível máximo de UA. A partir desta faixa, o teor de umidade de decresce no sentido das camadas inferiores, praticamente, não havendo água de percolação, formando um bulbo molhado ao redor das cápsulas porosas.

Recomenda-se que nos trabalhos subsequentes, maior ênfase seja dada aos estudos de determinação da durabilidade de do sistema, verificando-se o efeito das interrupções de funcionamento do sistema e a qualidade de água, na redução da porosidade das cápsulas porosas.

### AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA), representado por Dr. Renival Alves de Souza e Dr. Manoel Abílio de Queiroz; à equipe de Manejo de Solo e Água do Programa de Pesquisa em Agricultura de Sequeiro, pelo integral apoio na realização deste trabalho.

À Cerâmica Cariri S/A (CECASA), representada pelo Dr. José Venilson de Araújo, pela contribuição técnico-científica sobre os materiais argilosos empregados na fabricação das cápsulas porosas.

## REFERÊNCIAS

- BARRIOS, J. Utilização de princípios e técnicas de gotejamento no delineamento de uma metodologia de irrigação adequada as regiões semi-áridas. In: SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO, 3., Campinas, SP., 1979. Campinas, SP, 1979. n.p.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. & GARDNER, W. R. Movimento del agua en el suelo. In: \_\_\_\_\_ .Fisica de suelos. 4. ed. Trad. de Jorge Manuel Rodriguez Y Rodriguez. México, D.F., Hispano-Americana, 1973. 529p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola. **Plano Nacional de irrigação**; fase I diagnóstico preliminar. Brasília, 1970. 1v. ilustr.
- BRASIL.SUDENE. **Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste: Projeto Sertanejo**. Recife, 1977. 76p. ilustr.
- CATÃO, A. J. C. **Evaluacion del metodo del riego por aspersión, basado em patrones de aplicacion**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1975. 176p. Tese de Mestrado.
- CHOUDHURY, E. N. & MILLAR, A. A. **Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1979. 13p. (não publicado).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, 1977-1978**. Brasília, DF, EMBRAPA-DID, 1979. 133p. ilustr.
- GARCIA REAL, C. A. **Efecto del riego por succión sobre la potencialidad de rendimento de la fresa y eficiencia en el uso del agua**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 57p. Tese Mestrado.

- GOLBERG, S. D. **Conceptos modernos sobre irrigación.** Rehe-  
vot, Israel, Universidad Hebrea, Departamento de Irrí-  
gación, 1974. 12p.
- GOMES, G. M. A política de irrigação no Nordeste: inten-  
sões e resultados. **Pesquisa e Planejamento Econômico**,  
Rio de Janeiro, **9(2):411-46**, 1979.
- GUERRA, P. de B. **Açudes públicos do Nordeste; relação dos**  
**reservatórios construídos até 1979.** Fortaleza, DNOCS,  
1980. 21p.
- HILLEL, D. The state of water in the soil. In: \_\_\_\_\_,  
**Soil and water; physical principles and processes.** New  
York, Academic Press, 1971. cap. 3 p.49-77.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. De-  
partamento de Cadastro e Tributação, Brasília, D.F.  
**Sistema nacional de cadastro rural. Cadastro de imóveis**  
**rurais. Estatísticas cadastrais. Base recadastramento**  
**1972.** Brasília, DF., 1974. v.1.
- ISRAELSEN, O. W. & HANSEN, V. E. **Principios y aplicaciones**  
**del riego; obra que comprende todas las fases del rie-**  
**go, desde las fuentes y alumbramiento del agua hasta el**  
**aspecto social y administrativo del regadio.** Trad. de  
Alberto Garcia Palacios. 2.ed. Barcelona, Reverte,  
1973. 396p. ilust.
- KRAMER, P. J. **Relaciones hídricas de suelo y plantas; una**  
**synthesis moderna.** Trad. de Leonor Tejada. México, D.F.,  
Edutex. 1974. 538p. ilust.
- MICHAEL, A. M.; MOHAN, S. & SWAMINTHAN, K. R. **Design and**  
**evolution of irrigation methods.** New Delhi, ICAR, 1972.  
127p. ilust.
- MORAES, V. D. F. **Uso de águas soladas para riegos de cul-**  
**tivos por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de  
Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1978. 126p. Tese  
Mestrado.

- OLGUIN PALACIOS, C. **Riego por succión, descripción del método y avances en la investigación.** Trabalho apresentado no Seminário Nacional de Riego por Goteo, I., Hermosillo, Son., 1975. 17p.
- \_\_\_\_\_.; LLERENA, V. F. A.; VIZCAINO, V. J. & PENÃ, I. de **Observaciones sobre el efecto del riego por succión en el rendimiento y desarrollo de maiz (Variedad H-507), em el distrito de riego nº 41, Rio Yaqui, Sonora.s.n.t.** 18p.
- PEREIRA, J. M. de A. & SOUZA, R. A. de. **Mapeamento detalhado da área de Bebedouro.** Petrolina, PE.; SUDENE, 1967. 57p. ilustr.
- PONTES, J. O. **O DNOCS e a irrigação do Nordeste.** s.l., DNOCS, 1975. 23p.
- QUEIROZ, M. A. de. **Agricultural research for semi-arid Northeast Brazil.** s.l., Instituto Italo Latino Americano, 1979. 16p. (IILA, Documento, 8)
- REBOUÇAS, A. da C. & MARINHO, M. E. **Hidrologia das secas - Nordeste do Brasil.** Recife, SUDENE-DRN, 1972. 126p. (Brasil.SUDENE. Série Hidrogeologia, 40).
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola.** São Paulo, McGraw-Hill, 1978. 119p.
- RENDON PIMENTEL, L. **Desarrollo y calibración preliminar de um modelo matemático para riego por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1979. 174p. Tese Mestrado.
- SANTOS, E. D. **Determinación de la evapotranspiración en trigo mediante riego por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 107p. Tese Mestrado.
- SILVA, A. de S. **Manejo del agua de riego bajo diferentes métodos de labranza em maiz (*Zea mays* L.).** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 231p. Tese Mestrado.

- SILVA, A. de S.; SANTOS, E. D. & MAGALHÃES, A. A. de.  
**Confecção e testes de cápsulas porosas para métodos de irrigação por sucção.** Recife-PE, EMATER-PE, 17p.  
(EMATER-PE, Boletim Técnico, 13)
- SILVA, D. A. da; CHEYI, H. R.; SILVA A. de S. & MAGALHÃES, A. A. de. **Irrigação por cápsulas porosas: IV. Efeito de diferentes pressões hidrostáticas e populações de plantas na produção de milho (*Zea mays* L.).** Petrolina, PE.; EMBRAPA/CPATSA, 1980. (não publicado)
- SINGH, S. D.; GUPTA, J. P. & SINGH, P. Water economy and saline usa by drip irrigation. **Agronomy Journal**, 70(6): 948-51, 1978.

**IRRIGAÇÃO POR CÁPSULAS POROSAS IV:  
EFEITOS DAS DIFERENTES PRESSÕES HIDROSTÁTICAS  
E POPULAÇÕES DE PLANTAS SOBRE A PRODUÇÃO DO MILHO <sup>1</sup>**

Dinarte Aêda da Silva <sup>2</sup>

Hans Raj Gheyi <sup>3</sup>

Aderaldo de Souza Silva

Arnóbio Anselmo Magalhães <sup>4</sup>

**INTRODUÇÃO**

A criação do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópi-  
co Semi-Árido (CPATSA), pertencente à Empresa Brasileira  
de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 1975, permitiu a  
estruturação de um programa de pesquisa que preenche as  
lacunas existentes em alguns programas de desenvolvimen-  
to regional: primeiro pela ausência de tecnologias mais  
compatíveis com a realidade dos sistemas produtivos dos  
pequenos e médios produtores e segundo pela escassez de  
tecnologias mais apropriadas para racionalizar o manejo  
e conservação dos recursos hídricos e edáficos já exis-  
tentes (Liu 1978), (Silva & Porto 1980) e (Aragão 1980).

---

<sup>1</sup> Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, desenvol-  
vida no CPATSA e apresentada na UFPb.

<sup>2</sup> Professor do Departamento Agropecuário da UFRN, Natal-  
-RN.

<sup>3</sup> Professor, Laboratório de Irrigação e Salinidade do De-  
partamento de Engenharia Agrícola da UFPb, Campina  
Grande - PB.

<sup>4</sup> Pesquisador em Manejo de Solo e Água do CPATSA-EMBRAPA,  
Petrolina - PE.

A região semi-árida, totalizando cerca de 85.000.000 de hectares, com uma densidade demográfica de 14 hab/km<sup>2</sup> (Brasil.SUDENE 1977), representa 52% da superfície do Nordeste. Nessa região, cerca de 84% dos imóveis rurais existentes, tem área inferior a 100 ha ( EMBRAPA/CPATSA 1979). A predominância de pequenos agricultores associada a uma grande concentração de minifúndios, faz com que, em anos de seca, a economia da zona semi-árida seja drasticamente afetada e que os mais atingidos pelos seus efeitos sejam os pequenos produtores (Brasil.SUDENE 1977).

No semi-árido o milho é um dos principais suportes alimentares da população e é cultivado, principalmente, por pequenos e médios produtores. Sua participação é da ordem de 6% do valor da produção agrícola regional e cerca de 8% da produção física nacional (SUDENE 1977).

Basicamente, a produção de milho do Nordeste é proveniente da consorciação com outras culturas em áreas dependentes de chuva, tendo uma produção média de 0,8 t/ha (SUDENE 1977).

Faria & Aguiar (1978), Silva & Magalhães (1978) e Queiroz et al.(1974), trabalhando com milho em áreas irrigadas, obtiveram uma produção média de 4,6 t/ha. As produções médias de milho do Nordeste, podem ser incrementadas consideravelmente através da irrigação, uma vez que este necessita de 400 a 625 mm de lâmina de água para apresentar um alto rendimento (Daker 1970).

É necessário estudar outras alternativas que permitam estabilizar e/ou incrementar a produção de milho na região, sendo esta uma cultura alimentar básica para o Nordeste, sofrendo drásticas reduções de produção devido à instabilidade representada, principalmente, pela escassez e intermitência das chuvas.

O CPATSA-EMBRAPA vem desenvolvendo um método simples de irrigação localizada que utiliza material poroso e mão-de-obra regional, de fácil manejo, alta eficiência de uso de água, auto-regulável cujas características técnicas foram avaliadas por Silva, Silva e Gheyi (1980). Estes demonstraram a viabilidade técnica do método de irrigação por cápsulas porosas para as regiões com limitados recursos hídricos, por necessitarem de grande eco

nomia no uso de água.

O objetivo deste trabalho consistiu na determinação do efeito das diferentes pressões hidrostáticas e populações de plantas através do método de irrigação por cápsulas porosas, sobre a produção do milho (*Zea mays* L.), cultivar Centralmex.

### MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Campo Experimental de Bebedouro do CPATSA-EMBRAPA em Petrolina, PE, de 6 de setembro de 1979 a 18 de janeiro de 1980.

O solo da área experimental foi classificado por Pereira & Souza (1968), como "Latosolo", unidade 37 AB, de textura arenosa na superfície e cujas características físico-hídricas foram determinadas por Choudhury & Millar (1979).

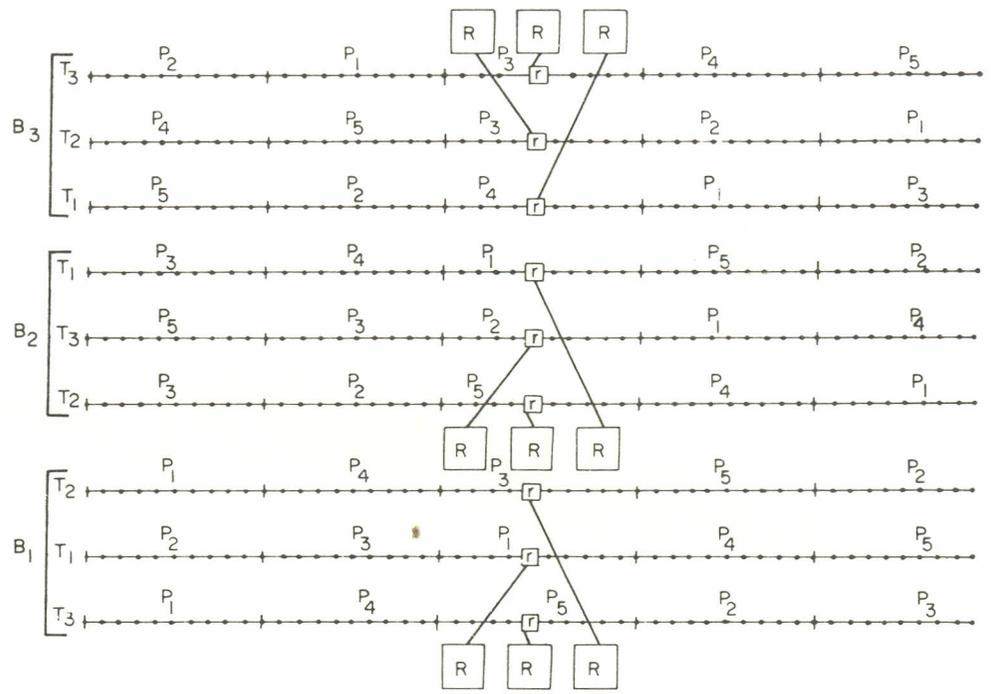
O delineamento estatístico adotado foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas em três tratamentos e cinco subtratamentos, igualmente espaçados, com três repetições e cuja esquematização de campo encontra-se no croqui da Fig. 1.

Os tratamentos (T) corresponderam a diferentes pressões hidrostáticas: 0,35m (T<sub>1</sub>), 0,50m (T<sub>2</sub>) e 0,75m (T<sub>3</sub>) e os subtratamentos (P) a diferentes populações de plantas de milho por unidade porosa: uma (P<sub>1</sub>), quatro (P<sub>2</sub>), sete (P<sub>3</sub>), dez (P<sub>4</sub>) e treze (P<sub>5</sub>) onde cada um continha dez cápsulas porosas espaçadas de 2m entre si.

O preparo do solo constou de aração e gradagem seguido de um levantamento planialtimétrico para determinação de três curvas básicas de nível sobre as quais, paralelamente, abriram-se três sulcos de 100m de comprimento, 0,25m de profundidade e equidistância de 2m.

A instalação do sistema de irrigação por cápsulas porosas, as liberações diárias de água no solo e sua distribuição no tempo e espaço para os diferentes tratamentos e subtratamentos, foram descritas, com detalhes, por Silva et al. (1980).

Os fertilizantes empregados foram o sulfato de amônio, superfosfato simples, e o cloreto de potássio, na proporção de 50, 60 e 20 Kg/ha, respectivamente. Por ocasião do



T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> — Pressão do funcionamento do sistema, respectivamente, de 0,35; 0,50 e 0,75m  
 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub> — Populações de plantas p/cápsulas, respectivamente, de 1, 4, 7, 10 e 13  
 r, R — Reservatórios  
 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> — Blocos

FIG. 1 - Croqui do delineamento experimental.

plântio foram incorporados 1/3 de nitrogênio e a quantidade total de fósforo mais potássio. Os 2/3 restantes de nitrogênio foram aplicados, equitativamente, aos 25 e 45 dias após a germinação. Os fertilizantes foram incorporados a um raio de 15 cm do eixo vertical de cada cápsula porosa e a 4 cm de profundidade. Considerou-se a área de exploração pelas plantas, em torno de cada cápsula, como sendo 1 m<sup>2</sup>; então, os fertilizantes foram quantificados para uma área total equivalente a 450 m<sup>2</sup>, ou seja, 1/4 da área útil do experimento.

O plântio do milho foi realizado manualmente no dia 6 de setembro de 1979, sendo as sementes distribuídas em número de três por cova, num raio de 20 cm e, igualmente, espaçadas ao redor de cada cápsula porosa. O desbaste deu-se no décimo quinto dia após o plântio onde deixou-se, por cápsula, o número de plantas especificado para cada subtratamento (P).

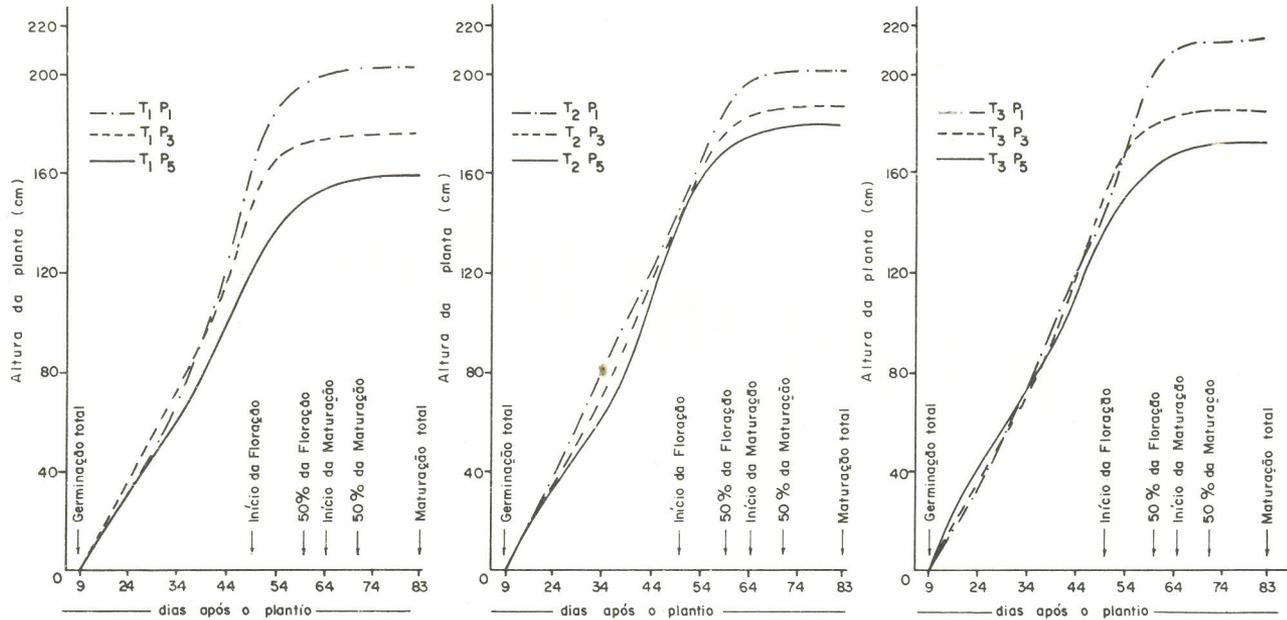
Durante o ciclo da cultura, foram efetuadas, manualmente, duas capinas e uma amontoa sendo os tratamentos fitossanitários somente executados por ocasião da ocorrência de pragas, usando-se, como defensivos, Carbaryl, Paration Metílico e Monocrotofós.

Também registraram-se as datas médias correspondentes às diferentes fases do ciclo fenológico da cultura, tais como: germinação total, início da floração, 50% da floração, início da maturação e maturação total para os vários tratamentos (T) e subtratamentos (P).

Efetuaram-se determinações de alturas de plantas dos subtratamentos aos 24, 34, 44, 54, 64, 74 e 83 dias após o plântio. As alturas das inserções das espigas de milho foram realizadas aos 83 dias após o plântio.

Na Estação Climatológica do Campo Experimental de Bebedouro, fizeram-se observações dos fatores climáticos, tais como: precipitação, temperatura do ar, evaporação do tanque classe A e umidade relativa durante o período de 6 de setembro a 28 de novembro de 1979.

A colheita foi realizada no dia 18 de janeiro de 1980 e após corrigida a umidade dos grãos de milho (15,5%) de terminou-se a produção, em gramas por cápsulas porosa, para os subtratamentos dos tratamentos considerados.



P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>5</sub> - População de plantas/cápsula, respectivamente de 1,7 e 13

T<sub>1</sub> - Pressão de funcionamento do sistema ( $\Delta H=0,35$ )

T<sub>2</sub> - Pressão de funcionamento do sistema ( $\Delta H=0,50$ m)

T<sub>3</sub> - Pressão de funcionamento do sistema ( $\Delta H=0,75$ m)

FIG. 2 - Ciclo fenológico da cultura do milho para os tratamentos (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>) e populações (P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>5</sub>).

Determinou-se a eficiência de uso de água através da fórmula  $E_{ua} = Pr/V$  para os tratamentos  $T_1, T_2, T_3$ , onde:  $E_{ua}$  é a eficiência de uso de água em  $kg/m^3$ ; Pr representa a produção em kg e V corresponde aos volumes de água usada durante o ciclo da cultura em  $m^3$ .

A análise estatística dos dados foi feita segundo os métodos usuais de análise de variância. Na comparação das variâncias e dos contrastes entre médias, utilizaram-se os testes de F e TUKEY, respectivamente (Snedecor & Cochran 1974).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Altura de Plantas e de Inserção de Espigas

Analisando-se as curvas de crescimento da cultura para os tratamentos ( $T_1, T_2$  e  $T_3$ ) e subtratamentos ( $P_1, P_3$  e  $P_5$ ) apresentados na Fig. 2, observa-se que não houve, praticamente, diferenças de altura de plantas para os subtratamentos considerados até os 54 dias após o plantio, com exceção do  $T_1P_5$  que diferiu, em altura, dos demais ( $T_1P_1$  e  $T_1P_3$ ) a partir dos 34 dias após o plantio. Essa diferença, no caso do  $T_1P_5$ , pode ser atribuída à baixa liberação média diária de água para o número de plantas do subtratamento. As plantas atingiram suas alturas máximas aos 64 dias após o plantio independentemente dos tratamentos e subtratamentos. Os resultados referentes aos subtratamentos  $P_2$  e  $P_4$  não estão apresentados na Fig. 2, mas suas curvas apresentaram valores intermediários a  $P_1 - P_3$  e  $P_3 - P_5$ , respectivamente.

Nas diversas fases do ciclo fenológico da cultura, tais como: germinação total, início de floração, 50% de floração, início de maturação, 50% de maturação e maturação total, praticamente não se observaram influências dos tratamentos e subtratamentos como mostra a Fig. 2.

As análises de variâncias para as alturas de plantas e de inserção de espigas aos 83 dias após o plantio (maturação total), não apresentaram diferenças significativas quanto aos tratamentos (T), mas mostraram diferenças significativas quanto aos subtratamentos (P). Na Tabela 1, estão apresentadas as alturas médias de plantas e de in

serção de espigas para os subtratamentos independentemente dos tratamentos.

TABELA 1. Alturas médias de plantas e de inserções de espigas para os subtratamentos aos 83 dias após o plantio.

Subtratamentos	Alturas <sup>a</sup>	
	Plantas (cm)	Inserção de espigas (cm)
P <sub>1</sub>	206,44 a	98,53 a
P <sub>2</sub>	186,22 ab	83,88 bc
P <sub>3</sub>	186,22 ab	85,06 b
P <sub>4</sub>	174,55 b	74,13 cd
P <sub>5</sub>	169,88 b	72,72 d
CV%	8%	9%
DMS	21,63	10,82

<sup>a</sup>As médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem significativamente através do teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados apresentados na Tabela 1 permitem concluir-se que as alturas máximas de plantas foram atingidas pelo P<sub>1</sub> muito embora este não difira, significativamente, do P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>. Por outro lado P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub> não se diferem estatisticamente entre si, mas P<sub>5</sub> é o que apresenta menor altura.

Quanto às alturas de inserção das espigas, nota-se que P<sub>1</sub> diferiu, significativamente, em relação aos demais subtratamentos. Além disso, P<sub>3</sub> divergiu em relação a P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub> bem como P<sub>2</sub>, em relação a P<sub>5</sub>.

Como não ocorreram diferenças estatísticas dos tratamentos na altura de plantas e de inserção das espigas, determinaram-se regressões com os valores médios de cada subtratamento por cápsula porosa, sendo que, para ambos os casos, a equação linear foi significativa a nível de 1% de probabilidade enquanto que as outras equações (quadrática, cúbica e quártica) não o foram. Pelas equações (1 e 2) apresentadas a seguir, podem-se determinar, satisfatoriamente,

te, as alturas médias de plantas e de inserções de espigas quando se dispõe do número de plantas (P) por cápsulas porosas:

$$\text{Equação 1. } y_1 = 204,46 - 2,83 \times (r^2 = 0,90)$$

$$\text{Equação 2. } y_2 = 97,19 - 2,04 \times (r^2 = 0,87)$$

onde  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $x$  e  $r^2$  representam a altura de plantas, altura média da inserção das espigas, o número de plantas por cápsulas porosas e coeficientes de determinação, respectivamente.

### Produção de Grãos

Os resultados médios da produção de milho por cápsulas porosas não apresentam diferenças significativas quanto aos tratamentos ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ), mas entre os subtratamentos (P) houve diferenças como mostra a Tabela 2.

Conforme a Tabela 2, constata-se que houve diferenças significativas (1%) na produção de milho entre  $P_1$  e  $P_2$  e destes em relação aos demais. Por outro lado,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$  não diferiram estatisticamente em suas produções, entretanto  $P_3$  apresentou tendência a produzir mais entre todos os subtratamentos.

TABELA 2. Produção média de milho por cápsula porosa para os diferentes tratamentos e subtratamentos.

Tratamentos	Produção média (g)					Médias <sup>a</sup>
	Subtratamentos					
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
T <sub>1</sub>	288,80	592,40	837,67	790,00	661,67	634,11A
T <sub>2</sub>	258,87	804,80	829,80	732,93	807,93	686,77A
T <sub>3</sub>	219,67	541,67	915,73	904,67	876,67	691,68A
Médias <sup>a</sup>	255,76a	646,13b	861,07c	809,20c	782,09c	670,85

CV = 15,5%

DMS= 125,85

<sup>a</sup>As médias horizontais ou verticais seguidas das mesmas letras não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de probabilidade.

Considerando-se as produções médias por planta em gramas (g) de cada subtratamento tem-se P<sub>1</sub> (255,76), P<sub>2</sub> (161,53), P<sub>3</sub> (123,01), P<sub>4</sub> (80,92) e P<sub>5</sub> (60,16). Como se demonstrou, as produções por planta decrescem de P<sub>1</sub> para P<sub>5</sub>, o que pode ser explicado pela ineficiente distribuição da umidade do solo para a área de exploração da cultura quando se aumenta o número de plantas ao redor das cápsulas porosas.

Galvão & Paterniani (1974) nas localidades de Piracicaba-SP, Capinópolis e Viçosa-MG, obtiveram em condições ótimas de umidade, a maior produção de milho, cultivar Centralmex, para a densidade de 50.000 plantas por hectare. Para estas localidades a produção média foi de 108,52, 118,60, e 117,22 g por planta, respectivamente.

No presente estudo, por cápsulas porosas, a maior produção verificou-se para o subtratamento (P<sub>3</sub>) onde se obtiveram 123,0 g de milho por planta. Convertida esta produção para a população de 50.000 plantas por hectare, obter-se-iam 6.150 kg/ha de milho, o que representa uma elevada produção em termos de Nordeste. Salienta-se que, em condições irrigadas por aspersão e para época semelhante de plantio, Queiroz et al. (1974), em Petrolândia-PE, obtiveram 3.100 kg/ha de milho para a mesma cultivar. Comparando-se estes resultados da região, constata-se que, pelo método de irrigação por cápsulas porosas, obteve-se quase o dobro da produção alcançada pelo método de irrigação por aspersão. Vale ressaltar que Faria & Aguiar (1978), obtiveram uma produção média de milho "Piranão" em função do espaçamento e adubação, em condições irrigadas, de 6.310 kg/ha.

Com os dados de produção por cápsulas dos subtratamentos (Tabela 2), determinou-se a correlação onde considerou-se a produção de milho (g) como variável dependente (y) e a densidade de plantas por cápsulas (x) como variável independente. Os resultados indicam que a equação quadrática, significativa a nível de 1% de probabilidade com coeficiente de determinação ( $r^2 = 0,82$ ) explica, satisfatoriamente, a variação da produção através da densidade de plantas por cápsulas porosas. As demais equações (linear, cúbica e quártica) não apresentaram resultados sig

nificativos.

De acordo com a Fig. 3, a produção de milho cresce a té determinado ponto quando se aumenta o número de plantas por cápsulas porosas, de tal forma que seu máximo teórico de produção obteve-se para uma densidade de nove plantas e daí decresce para as populações subsequentes.

### Eficiência de uso de água

Considerando-se as produções médias dos tratamentos, independentemente dos subtratamentos (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>), obtiveram-se 0,634, 0,687 e 0,692 kg de grãos de milho por cápsula porosa para os tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, respectivamente. Para os mesmos tratamentos, Silva et al. (1980) determinaram os volumes totais de água liberados por cápsula porosa durante o ciclo da cultura.

Com os dados médios de produção e volumes totais de água liberados (por cápsula), determinou-se a eficiência de uso de água cujos resultados de cálculos estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Eficiência de uso de águas por cápsulas para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	Produção média p/cápsula (kg)	Liberação média de água/cápsula <sup>a</sup> (m <sup>3</sup> )	Eficiência de uso de água (kg/m <sup>3</sup> )
T <sub>1</sub>	0,634	0,318	2,0
T <sub>2</sub>	0,687	0,357	1,9
T <sub>3</sub>	0,692	0,399	1,7

<sup>a</sup> Dados por Silva et al. (1980)

Os tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> encontrados na Tabela 3, não diferem, significativamente, com relação à produção média de milho, liberação média de água e eficiência de uso; entretanto, para efeito de comparação com outros métodos de irrigação (Tabela 4), considerou-se o tratento T<sub>2</sub> como o mais eficiente tecnicamente. O T<sub>1</sub> apresentou problemas operacionais por ocasião do abastecimento inicial (colchões de ar) e o T<sub>3</sub> consumiu mais água que os demais.

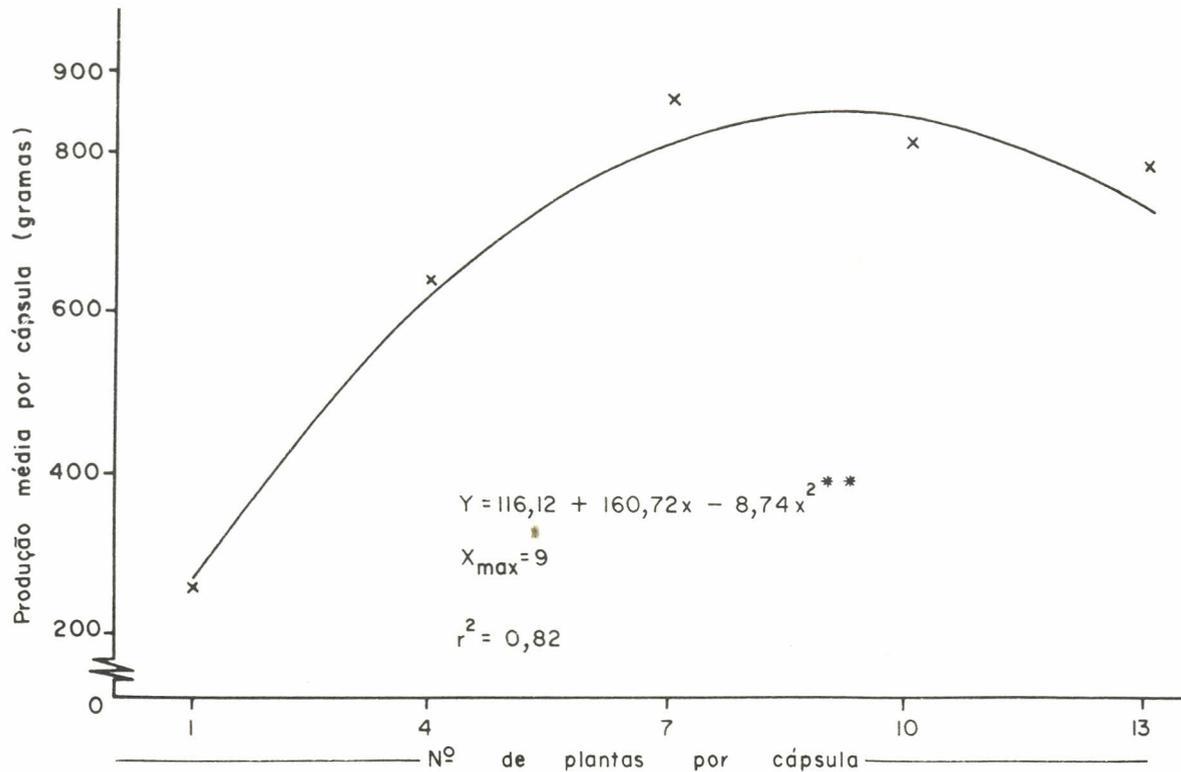


FIG. 3 - Correlação entre o número de plantas e produção de milho por cápsula.

\*\* Significativo, a nível de 1%, pelo teste de F.

TABELA 4. Eficiência de uso de água na produção do milho (*Zea mays* L.) por diferentes métodos de irrigação.

Método de irrigação empregado	Eficiência de uso de água <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
Sulco fechado (Silva & Magalhaes 1978)	0,7
Sulco aberto (Lira & Tôrres 1977)	1,0
Aspersão (Silva et al. 1980)	0,9
Gotejamento (Olguin et al. 1975)	1,4
Cápsula porosa sob tensão ou sucção (Olguin et al. 1975)	2,7
Cápsula porosa por pressão hidrostática (0,50m)	1,9

Comparando-se o método de irrigação por cápsulas porosas sob pressão hidrostática com os apresentados na Tabela 4, constata-se que a eficiência de uso de água desse método só foi inferior ao de irrigação por cápsula porosa sob tensão. Todavia, sabe-se que, por tensão ou sucção, o consumo de água é auto-regulado pela necessidade hídrica da cultura (Olguin 1975, Garcia 1977 e Silva, Santos & Magalhães 1978), por isso sua eficiência de uso de água tem sido superior a do sistema por cápsulas porosas sob pressão hidrostática. O funcionamento, porém, do sistema em escala operacional, usando-se sucção, apresenta limitações, tais como: entrada de ar na tubulação desde que não haja uma vedação perfeita na colagem das peças e reduzido comprimento de linha de irrigação (Silva et al. 1978).

Quando o sistema funciona sob pressão hidrostática, sempre há liberações de água até certo ponto independentemente das necessidades hídricas dos cultivos, o que explica apresentar menor eficiência de uso de água comparado ao método por sucção. Nos casos das cápsulas porosas, submetidas a pressões hidrostáticas, verificam-se os efeitos da sucção do solo, aumentando suas vazões, a partir do período em que as necessidades hídricas da cultura requeram mais água do que a quantidade, normalmente, liberada pelas cápsulas, Silva, Silva e Gheyi (1980).

Uma análise geral dos resultados obtidos, demonstra

que existe a possibilidade de produzir em pequenas áreas de cada propriedade, anualmente, 8.000 kg de grãos de milho, com apenas 4.000 m<sup>3</sup> de água e 2.500 cápsulas por hectare, aproveitando a água armazenada já existente em poços, rios, açudes e lagos, ou aproveitando o recente Programa de Perenização dos Rios.

### CONCLUSÕES

Os tratamentos estudados não afetaram, significativamente, as alturas de plantas de inserção de espigas e produção de milho, indicando que para este método de irrigação a pressão hidrostática de 0,35m é suficiente. Mas a pressão hidrostática de 0,50m é recomendável para funcionar em escala operacional devido sua conveniência técnica de operação.

Observou-se uma correlação significativa através da equação quadrática a nível de 1% de probabilidade entre a produção de grãos de milho e o número de plantas por cápsula porosa para este método de irrigação.

No presente trabalho a população de sete plantas por cápsula porosa apresentou a máxima produção que converteu para uma densidade de 50.000 plantas por hectare responderia a produção estimada de 6.150 kg/ha.

O método de irrigação em estudo apresentou alta eficiência de uso de água, em média 1,9 kg/m<sup>3</sup> que representa quase o dobro das eficiências conseguidas pelos métodos "convencionais" de irrigação (Gravidade com suas variáveis, aspersão e gotejamento).

### AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA), na pessoa do Dr. Renival Alves de Souza, efetivo apoio na realização deste trabalho.

À Cerâmica do Cariri S/A (CECASA), representada por Dr. José Venilson de Araújo pela colaboração técnica e fornecimento de materiais argilosos para a fabricação das cápsulas porosas empregadas neste método de irrigação.

Ao Dr. Manoel Abílio de Queiroz, então Chefe Adjunto Técnico do CPATSA-EMBRAPA, pelo apoio e sugestões apresentados à concretização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, O. P. **Alternativa para estabilização da agricultura de sequeiro.** Petrolina, EMBRAPA/CPATSA, 1980. 6p. (EMBRAPA/CPATSA. Documento, 5)
- BRASIL.SUDENE. **Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste: Projeto Sertanejo.** Recife, 1977. 76p. ilustr.
- CHOUDHURY, E. N. & MILLAR, A. A. **Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro.** Petrolina, PE. CPATSA/EMBRAPA, 1979. 13p
- DAKER, A. **Água na agricultura.** Irrigação e Drenagem, volume 3, 3ª Ed. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, S.A., 1970. 453p
- EMBRAPA.CPATSA. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido 1977-1978.** Brasília, EMBRAPA-DID, 1979. 133p. ilustr
- FARIA, C. M. B. de & AGUIAR, P. A. A. Influência do espaçamento e adubação na produção e qualidade da semente de milho. **Ciência Agrônômica**, 8(1-2):83-9, 1978.
- GALVÃO, J. D. & PATERNIANI, E. **Comportamento comparativo entre o milho piranão e milhos normais em diferentes densidades de semeadura e níveis de nitrogênio.** In: Anais da X Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 22 a 27 de julho de 1974. p. 116-127
- GARCIA REAL, C. A. **Efeito del riego por succion sobre la potencialidad de redimiento de la fresa y eficiencia en el uso del agua.** Chepingo, Mexico, 1977. 58p (Tese Mestrado)
- IPA, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, **Relatório Anual.** s.l. 1978. 55p
- LIRA SALDIVAR, H. & TORRES BERNAL, C. **Determinacion del calendario optimo de riegos para dos híbridos de maíz en el valle del yaqui, sonora.** Mexico, Centro de Investigaciones Agrícolas del Nordeste, Campo Agrícola Experimental de Valle del Yaqui, 1977. 21p

- LIU, W. T. **Runoff farming in Northeast Brazil**. Petrolina EMBRAPA/CPATSA, 1978. 11p
- OLGUIN PALACIOS, C. **Riego por succion descripcion del metodo y avances en la investigacion**. Trabalho apresentado no Seminário Nacional de Riego por Gotejo, l., Hermosillo, Son., 1975. 17p. Mimeografado.
- \_\_\_\_\_.; LLERENA, V. F. A.; VIZCAINO, V. J. & PENÃ, J. de la. **Observaciones sobre el efecto del riego por succion en el rendimiento y desarrollo de maiz (Variedad H-507) en el distrito de riego nº 41, Rio Yaqui, Sonora**. s.n.t. 18p
- PEREIRA, J. M. de & SOUZA, R. A. de. **Mapeamento detalhado da área de Bebedouro**. Petrolina, PE, SUDENE, 1968. 57p. Mimeografado.
- QUEIROZ, M. A. de.; COSTA, S. N. da.; LOPES, L. H. de O. & LISBOA, A. S. **Influência da época de plantio sobre a produção de grãos em condições de cultivo irrigado no sub-médio São Francisco**. In: Anais da X Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 22 a 27 de julho de 1974. p. 63/65
- \_\_\_\_\_.; COSTA, S. N. da; LOPES, L. H. de O. & LISBOA, A. S. **Influência de plantio sobre a produção de grãos em condições de cultivo irrigado no sub-médio São Francisco**. In: Anais da X Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 22 a 27 de julho de 1974
- \_\_\_\_\_.; COSTA, S. N. da; LOPES, L. H. de O. & LISBOA, A. S. **Influência da época de plantio de milho sobre a produção de grãos, em condições de cultivo irrigado no sub-médio São Francisco**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 10, Sete Lagoas, 1974. **Anais**. Sete Lagoas, MG., PIPAEMIG-EPAMIG - IPEACO-CNPMS, 1974. p.63
- SILVA, A. de S. & MAGALHÃES, A. A. **Efeito da irrigação mínima na produtividade de milho e eficiência no uso de água**. Petrolina, PE. CPATSA-EMBRAPA, 1978. 4p
- \_\_\_\_\_.; SANTOS, E. D. & MAGALHÃES, de A. A. **Introdução e avaliação do método de irrigação por sucção na re-**

gião do trópico semi-árido. Recife, PE, EMATER-PE, 1978  
19p. (Boletim Técnico, 12)

- SILVA, A. de S. & PORTO, E. R. **Introdução à pequena irrigação no "polígono das secas" utilizando métodos "não convencionais"**. Petrolina, PE, EMBRAPA/CPATSA, 1980. 6p.
- SILVA, D. A. da.; SILVA, A. de S. & GHEYI, H. R. **Irrigação por cápsulas porosas III: Avaliação técnica do método por pressão hidrostática**. 1980. (21p A ser apresentado no V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. São Paulo. Setembro/Outubro, 1980)
- SILVA, M. A.; MILLAR, A. A.; CHOUDHURY, E. N.; MARTINS, C. E.; BANDEIRA, R. E. & NASCIMENTO, T. **Efeito da lâmina de irrigação e da adubação nitrogenada na produção de grãos de milho**. Petrolina, PE, CPATSA-EMBRAPA, 2 15p
- SNEDECOR, G. W. and COCHRAN, W. G. **Statistical Methods**. 6<sup>th</sup> Ed. Ames, The Iowa State University Press, 1974. 593p
- SUDENE, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Relatório Anual**. Recife, PE, 1977. 82 p.