



**CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "in situ":  
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS E DENSIDADE DE PLANTIO**

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU":  
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS E DENSIDADE DE PLANTIO



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA  
Vinculada ao Ministério da Agricultura  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico  
Semi-Árido-CPATSA  
Petrolina, PE

© EMBRAPA, 1989  
EMBRAPA/CPATSA

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido  
CPATSA

BR 428 Km 152

Caixa Postal 23 Telex 810016

Telefone: (081)961-4411

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Terezinha Padilha Charles (Presidente)

Aderaldo de Souza Silva

Clementino Marcos Batista de Faria

Clóvis Guimarães Filho

Eduardo Assis Menezes

Marcos Antônio Drumond

Paulo César Fernandes Lima

Francisco Lopes Filho

Luiza Teixeira de Lima Brito

Severino Gonzaga de Albuquerque

---

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

Captção de água de chuva "in situ": comparação de métodos e  
densidade de plantio. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1989.

56 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

1. Água-Chuva-Captção in situ. 2. Água-Chuva-Captção-Método. 3.  
Milho-Plantio-Densidade. 4. Caupi-Plantio-Densidade. 5. Plantio-Método-  
Comparação. I. Título. II. Série. CDD 631.7

## SUMÁRIO

- CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU" I: COMPARAÇÃO  
DE MÉTODOS DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA 5 - 24
- Aderaldo de Souza Silva  
Everaldo Rocha Porto  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Marco Almiro Resende Monteiro
- CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU" II: DENSIDADE  
DE CAUPI 25 - 37
- Everaldo Rocha Porto  
Aderaldo de Souza Silva  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Marco Almiro Resende Monteiro
- CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU" III: DENSIDADE  
DE MILHO 39 - 53
- Marco Almiro Resende Monteiro  
Aderaldo de Souza Silva  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Everaldo Rocha Porto

# CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU", I: COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA BRASILEIRA<sup>1</sup>

Aderaldo de Souza Silva<sup>2</sup>

Everaldo Rocha Porto<sup>3</sup>

Luiza Teixeira de Lima Brito<sup>4</sup>

Marco Almiro Resende Monteiro<sup>2</sup>

**RESUMO** - Em experimento conduzido nos anos agrícolas de 1982 a 1985, no campo experimental de manejo da Caatinga, EMBRAPA-CPATSA, avaliou-se três sistemas de captação de água de chuva "in situ", métodos: Guimarães Duque, CP-México e Sulcos e Camalhões, em curva de nível, comparando-os como sistema tradicional de preparo do solo e plantio, em covas e no plano. O delineamento foi em blocos ao acaso com oito repetições, instalado em escala operacional. As condições climáticas influenciaram ao nível de 1,0% de probabilidade sobre a produtividade do caupi, e a interação clima x tratamento foi significativa ao nível de 5,0% de probabilidade. Nos anos de precipitações pluviométricas espaço-temporais irregulares, fato comum na região semi-árida brasileira, os métodos apresentaram um incremento máximo na produtividade do caupi de 50,5% em anos agrícolas de distribuições regulares de 16,9%, significativos aos níveis de 13,95% e 1,69%, respectivamente.

<sup>1</sup> Contribuição do Convênio EMBRAPA-CPATSA/SUDENE-PAPP/BNDES-Finsocial/PNP-Aproveitamento dos Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Trópico Semi-Árido.

<sup>2</sup> Eng. Agr. M.Sc., em Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., em Ciência de Solo e Água, EMBRAPA-CPATSA.

<sup>4</sup> Enga. Agrícola, EMBRAPA-CPATSA.

O método Guimarães Duque proporcionou maior rendimento em média 16,6% em relação à Testemunha e os incrementos máximos proporcionados na produtividade foram de 50,5; 11,6; 11,4 e 16,2% para os anos agrícolas de 1982, 1984 e primeiro e segundo plantio de 1985, respectivamente. O custo máximo da tecnologia corresponde às práticas agrícolas de locação de curvas de nível, aração, gradagem e sulcamento.

Termos de indexação: manejo de solo e água, métodos Guimarães Duque, CP-México, Sulcos e Camalhões, sistema tradicional de plantio, agricultura de sequeiro.

#### "IN SITU" RAIN WATER HARVESTING: COMPARISON OF METHODS FOR THE BRAZILIAN SEMI-ARID TROPICS

**ABSTRACT** - Three "in situ" rainwater harvesting methods were evaluated in an experiment carried out at the Caatinga Management Experimental Station (EMBRAPA-CPATSA) for four cropping seasons (from 1982 to 1985). The methods were: (1) Guimarães Duque, (2) CP-México, and (3) broadbed-furrows. They were also compared to the traditional flat planting. The experiment, designed in randomized blocks with eight replications of each treatment, was conducted in an operational scale. Climatic conditions strongly affected ( $P < 0.01$ ) the cowpea yield. There was a significant ( $P < 0.05$ ) climate x treatment interaction. In those years of irregular rainfall, very common in the region, the maximum increase in cowpea yield achieved by the nontraditional methods was 50.5%. In those years of regular rainfall cowpea yield was 16.9% higher. These increases were significant at 13.9 and at 1.6% levels, respectively. The Guimarães Duque methods achieved the highest mean yield. Increase in productivity were 50.5, 11.6, 11.4 e 16.2% for 1982,

1984, first and second 1985 crops, respectively. The major cost of the technology correspond to the line curves location and to the plowing, harrowing, and furrow making operations.

Index terms: soil and water conservation, methods Guimarães Duque, CP-México, Broadbed-furrows, traditional flat planting, rainfed agriculture.

## INTRODUÇÃO

O longo período de seca que ocorreu na última década nas Ilhas Britânicas, Oeste dos Estados Unidos, Norte da África e no Oriente Médio, e o de 1979 a 1983 no Nordeste do Brasil, evidencia a dimensão do problema e a constante necessidade de se considerar o aproveitamento racional dos recursos hídricos para fins de regularização e incremento da produção de alimentos básicos, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas.

A exploração agropecuária do semi-árido nordestino, conforme praticada atualmente, é inadequada ao atingimento das aspirações sócio-econômicas de sua população, até mesmo à sua mera sobrevivência em período de crise como tem sido comprovado nos últimos anos (Queiroz 1974).

A avaliação econômica, projetada para 5 anos, de tecnologias em Sistemas Integrados de Produção (SIP) de pequenas propriedades agrícolas na região de Ouricuri, PE, tem demonstrado que a taxa interna de retorno no sistema tradicional é baixa, entre -0,2 a 11,8%. Quando no sistema em uso se introduz novas alternativas tecnológicas adaptadas à região, esta taxa é alta e tem atingido intervalos de 6,4 e 28,9% em relação a porcentagem de ocorrência dos benefícios líquidos ou saldos da propriedade (Doraswamy et al. 1985)

As técnicas de captação de água de chuva "in situ", através de sulcos modificados em nível, foram desenvolvidas para estabilizar e/ou incrementar a produção de alimentos em áreas de baixa precipitação, até então consideradas marginais (Anaya 1977, 1982, Cluff & Frobel 1978, Silva & Anaya, 1979).

Segundo Lal et al 1984, as idéias de uso de técnicas para minimizar o efeito da irregularidade na distribuição das chuvas sobre a produção agrícola, datam da década de 30. Em 1936, no município de Pilar PB, foi confirmada, experimentalmente, a necessidade de usar técnicas de conservação de água de chuva, uma vez que as áreas deixadas em pousio retinham maior porcentagem de umidade.

A primeira técnica de captação de água de chuva "in situ" adaptada às condições semi-áridas brasileira, foi denominada Método Guimarães Duque de Lavoura Seca, desenvolvida pelo Instituto Nordestino para o Fomento de Algodão e Oleaginosas (INFAOL). O método constituía-se de sulcos e camalhões em nível, era específico para a cultura do algodão arbóreo e permitiu um incremento na produtividade superior a 100%. (INFAOL 1973).

Em 1980 o CPATSA introduziu e intensificou suas pesquisas em técnicas de captação de água de chuva "in situ", como: Método CP-México, Método Sulcos e Camalhões e o Método Guimarães Duque, que foi modificado para a exploração agrícola tanto em culturas perenes como em anuais (Silva & Porto 1982).

A avaliação desses três métodos em comparação ao sistema tradicional de plantio "no plano", foi objeto deste trabalho, considerando os diferentes fatores de produção e de conservação de água e solo, em Petrolina, PE, região considerada muito árida (Hargreaves 1974).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Manejo da Caatinga - CPATSA, em Petrolina, PE (Latitude  $09^{\circ}05'S$ , Longitude  $40^{\circ}24'W$ , Altitude 379 m), nos anos de 1982 a 1985. O solo da área experimental é um podzólico-planossólico, amarelo-arenoso (Riché s.d.) cujas características físicas e químicas são apresentadas na Tabela 1.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com oito repetições. Os tratamentos foram constituídos de três métodos de captação de água de chuva "in situ" Guimarães Duque; CP-México; Sulcos e Camalhões; e o sistema tradicional de plantio, no plano, como Testemunha.

### Descrição dos tratamentos

Guimarães Duque - Consistiu na modificação da superfície do terreno, de maneira a formar um plano inclinado entre dois sulcos sucessivos, comumente denominados camalhões, que funcionou como Área de Captação (Ac) da água de chuva, os sulcos em curva de nível tiveram profundidade média de 0,25m, espaçamento de 1,5m correspondente a bitola do trator de pneus utilizado, e 250m de comprimento.

Neste método a parte mais alta da Ac serviu de Área de plantio (Ap) e sua área limite com o sulco, como Área de armazenamento (Ar) da água de chuva proveniente da Ac. A relação entre a Ac e Ap foi de 1:1 (Fig. 1A).

Na implantação de método usou-se um arado reversível sem o disco dianteiro, acoplado a um trator de pneus, que trabalhou em terceira reduzida com aceleração média de 1600 rpm.

TABELA 1. Características físicas e químicas do solo da área experimental.

Profundidade (cm)	Textura (%)			Densidade				Umidade (%)		C.E. mmhos/cm
	Areia	Silte	Argila	Aparente (g/cm <sup>3</sup> )				1/3 atm	15 atm	
0-10	80	13	7	1.53				7.13	3.02	0.47
10-20	84	8	8	1.67				7.59	3.04	0.56
20-30	75	13	12	1.59				11.34	4.06	0.39
30-40	60	13	27	1.64				16.18	7.95	0.25
40-50	51	16	33	1.58				20.28	9.03	0.18
50-60	47	15	38	1.65				19.26	9.52	0.15
60-70	46	14	40	1.70				19.30	9.77	0.17

Profundidade (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca+Mg	Na	K	S	H+Al	T	V (%)	Al meq	P ppm	Materia Orgânica
10-20	4.0	1.5	0.04	0.18	1.72	2.64	4.36	39	0.95	2.88	0.59
20-30	4.0	1.5	0.04	0.29	1.83	2.72	4.55	40	1.25	2.88	0.36
30-40	4.3	2.0	0.08	0.20	2.28	3.46	5.74	40	1.70	0.48	0.33
40-50	4.5	4.2	0.10	0.18	4.48	3.21	7.69	58	1.50	0.29	-
50-60	4.6	5.4	0.14	0.15	5.69	2.64	8.33	68	1.05	0.38	-
60-70	4.9	6.0	0.18	0.13	6.31	2.22	8.53	74	0.65	0.48	-

CP-México - A diferença básica deste método para o Guimarães Duque foi apenas com relação aos implementos usados para confeccionar os sulcos e as áreas de captação, que foram sulcadores (bico de pato) e uma lâmina-enleiradora parafusada aos mesmos furos do corpo sulcador, em diagonal à direção de deslocamento do equipamento. Uma outra diferença era a não reversibilidade do equipamento (Fig. 1A).

Sulcos e Camalhões - Neste método utilizou-se sulcadores tipo bico de pato. Entre as hastes dos dois sulcadores prendeu-se três pedaços de corrente de 2,5m, cujos elos tinham 1/4 de polegada de diâmetro, visando destorroar o solo e dar uma melhor uniformização no camalhão destinado ao cultivo, entre os dois sulcos consecutivos (Fig. 1B).

Os camalhões tiveram superfície côncava de 1,0m de largura em média e foram delimitados lateralmente por sulcos de 0,25m de profundidade e 0,3m de largura, com espaçamento total entre sulcos de 1,5m e 250m de comprimento, à semelhança dos métodos anteriores.

Plano - Considerou-se como Testemunha, o método de exploração em uso pelos produtores, ou seja, o sistema de plantio no plano e em covas (Figura 1C).

Antes da instalação do experimento a área apresentava uma vegetação natural de caatinga, que foi desmatada, destocada, arada e gradeada. Foram necessárias duas horas-máquina por hectare na implantação dos sulcos de captação de água de chuva "in situ", que permaneceram inalterados nos quatro anos do experimento, sendo feita sua manutenção durante as capinas. Os tratamentos foram em faixas de 18m x 250m, em nível, separados por drenos coletores de água de 3,0m x 260,0m.

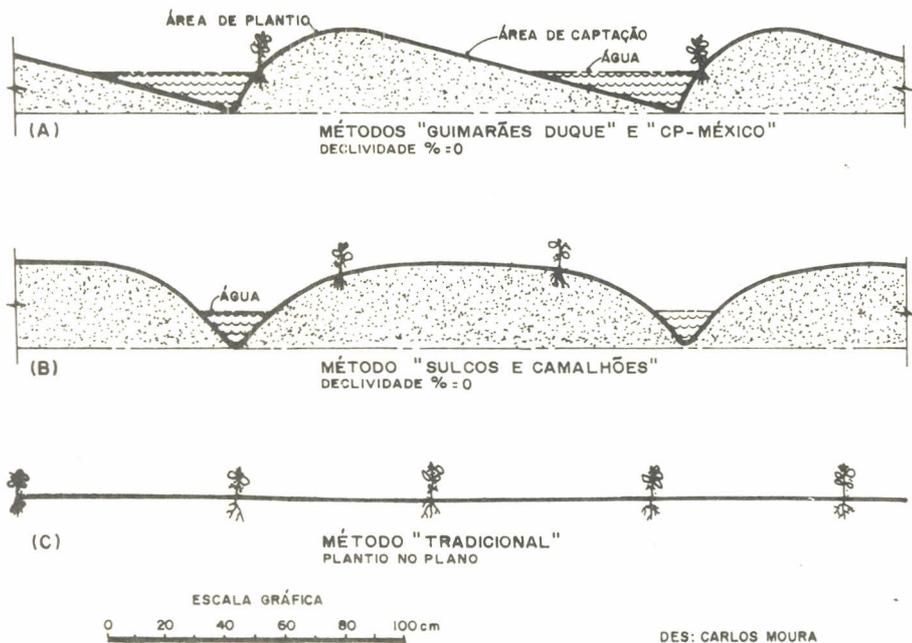


FIG. 1. Métodos de captação de água de chuva "in situ" e o sistema tradicional de plantio no plano.

Cada tratamento consistiu de três fileiras de 4,5m de largura e 250m de comprimento. Enquanto as parcelas tinham três fileiras de 10m de comprimento. A área útil da unidade experimental foi a fileira central.

Os plantios foram realizados em 19/03/82, 12/03/84, 09/01/85 e 15/04/85, correspondendo aos quatro ciclos de cultivo, efetuados através de plantadeiras manuais com espaçamento médio entre plantas de 0,33m. Por ocasião do desbaste deixou-se duas plantas por cova.

O controle de ervas daninhas foi através de capinas manuais, duas em cada ciclo vegetativo e duas pulverizações com Monocrotophos para combater a cigarrinha.

Foram realizadas amostragens de solo nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60cm no ano agrícola de 1982, e nos demais as camadas foram de 0-15, 15-30 e 30-45cm, para determinação do teor de umidade em base ao peso seco (105-110°C), pelo processo gravimétrico.

Os dados de precipitação e evaporação foram obtidos na Estação Meteorológica instalada a 200m da área experimental.

O rendimento obtido a 13% de umidade do grão foi analisado estatisticamente através da análise da variância, na qual foi feita uma decomposição dos graus de liberdade para tratamento, utilizando-se contrastes ortogonais para testar efeito da testemunha, em relação aos demais tratamentos, e do teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade para a comparação das médias (Federer 1967).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo de cultivo foi agrupado em quatro fases fenológicas, 1) germinação de 1 aos 10 dias; 2) desenvolvimento vegetativo de 11 aos 30; 3) floração de 31 aos 60; e 4) maturação de 61 aos 80 dias após o plantio, conforme ciclo fenológico do Caupi determinado por Pires (1982). Também relacionou-se as precipitações e evaporações diárias, teores de umidade do solo, como se observa na Figura 2.

Os resultados de precipitação durante os quatro ciclos demonstraram que 51,01; 51,46; 18,64 e 15,43% destas, ocorreram durante a germinação e que 38,9; 33,78; 36,6; e 39,73% no desenvolvimento vegetativo e 6,21; 11,31; 28,41 e 40,57% na floração e 3,87; 3,44; 16,3 e 4,26% na maturação, respectivamente. Enquanto ocorreram 6,25; 2,5; 3,75 e 8,75% de dias secos na germinação; 18,75; 8,75; 15,0 e 16,25% no desenvolvimento vegetativo; 35,06; 27,5; 22,5; e 23,75% na floração e 21,25; 20,0; 15,0 e 18,75% na fase de maturação, respectivamente.

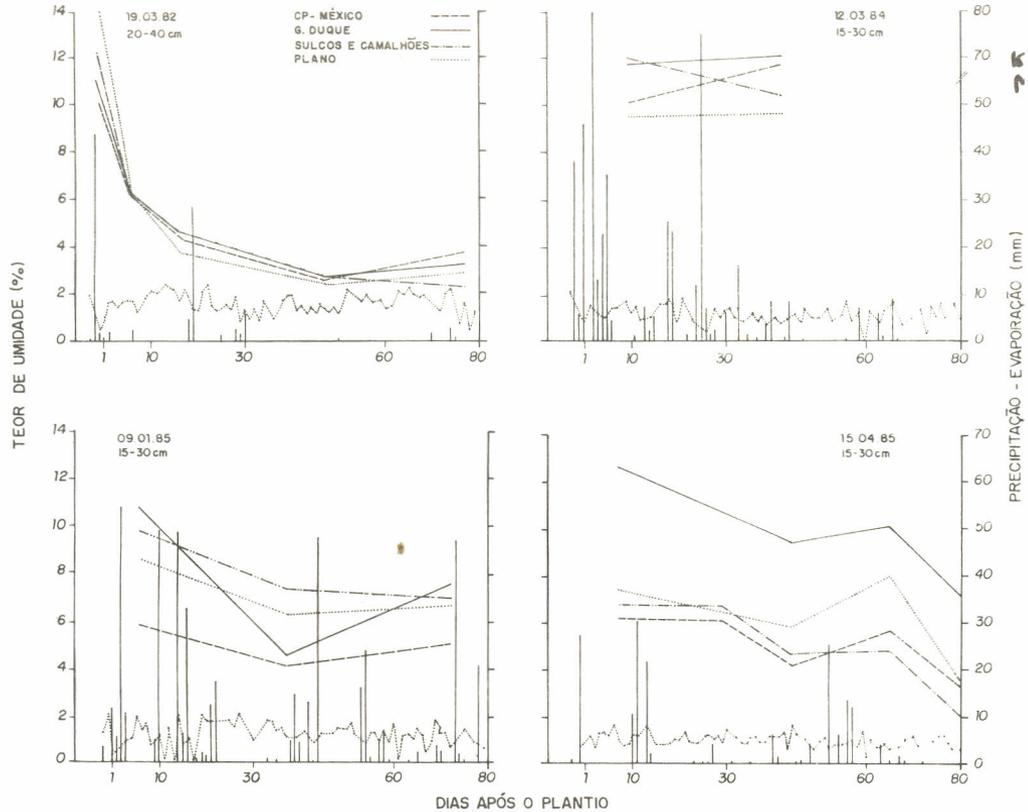


FIG. 2. Distribuição de umidade do solo (%), precipitação e evaporação (mm) em diferentes métodos de captação de água de chuva "in situ" em quatro ciclos do caupi.

Uma análise dos dias chuvosos e secos ( Fig. 2 ) mostra que durante o ano agrícola de 1982 o cultivo do caupi teve 81,25% de dias secos no ciclo. Em 1984 teve 58,75% de dias secos, com resultados similares em 1985, primeiro plantio. Já no segundo plantio do mesmo período ocorreram 67,5% de dias secos.

As evaporações totais do Tanque Classe "A" ocorridas durante os quatro ciclos de cultivo foram de 618,8; 459,5; 472,8 e 396,6mm, respectivamente, apresentando variações nas fases de cultivo (Figura 2).

A distribuição de umidade do solo no tempo e profundidade de 0-30 cm foi diferente para os quatro métodos estudados, sendo maior a conservação de água nos métodos Guimarães Duque e CP-México. Entretanto os resultados encontrados através de amostras gravimétricas não permitiram identificar diferenças significativas entre eles.

Considerando os anos agrícolas e a variação dos teores de umidade médios nos diferentes métodos de captação (Figura 2), observa-se que no primeiro ciclo, correspondente a 1982, no início da fase fenológica de germinação, estes teores estiveram entre 10 e 14% de umidade. Na fase de desenvolvimento vegetativo, floração e maturação variaram entre 4,2 e 5,0%; 3,0 e 4,0%; 2,2 e 3,0%, respectivamente. No ciclo de 1984 somente foi possível determinar os teores de umidade na germinação e desenvolvimento vegetativo, com valores médios encontrados de 9,0 a 12% e 10 a 12% para as duas fases. No ciclo de 1985, primeiro plantio, na fase de germinação o teor de umidade esteve entre 6,0 e 11%, no desenvolvimento vegetativo, floração e maturação entre 4,0 e 8,0%; 4,5 e 7,0%; e 4,0 e 7,5%, respectivamente. No segundo plantio do mesmo ano agrícola a porcentagem de umidade na fase de germinação encontrava-se entre 6,0 e 12,5%; no desenvolvimento vegetativo entre 6,5 a 11% na floração de 4,5 a 10% e na maturação entre 2,0 e 7,0%.

A variabilidade espaço-temporal das precipitações pluviométricas, dos teores de umidade no solo e das evaporações ocorridas em cada fase fenológica tiveram influência na germinação e replantio, com conseqüências na produção de grãos em cada ciclo agrícola e na interação ciclo "versus" sistemas de captação de água de chuva "in situ".

Observa-se na Tabela 2 que em 1982 o teste "F" apresentou diferenças significativas aos níveis de 13,95 e 6,35% de probabilidade, respectivamente, para os tratamentos e para o contraste ortogonal que testa o efeito dos métodos de captação de água de chuva "in situ", em relação à testemunha, e pelo teste de médias verifica-se que o método Guimarães Duque foi superior estatisticamente ao Plano. Este ano foi considerado extremamente irregular para fins agrícolas (Amorim Neto 1985), com 89,91% do total da chuva (Figura 2) ocorrendo nos primeiros 30 dias após o plantio.

A análise de variância demonstrou em 1984 um efeito significativo (1,69%) entre os tratamentos, sendo que o Plano não diferiu significativamente dos métodos de captação de água de chuva "in situ" e os métodos CP-México e Guimarães Duque foram superiores estatisticamente ao método Sulcos e Camalhões. No primeiro e segundo plantios de 1985 não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos.

No segundo plantio de 1985, apesar da baixa precipitação ocorrida, semelhante a 1982, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2), fato explicado por uma distribuição pluviométrica, (Figura 2), mais regular, com ocorrência de chuvas no período mais crítico da cultura (fase compreendendo de 31 aos 60 dias após o plantio). Nesta, a contribuição pluviométrica em 1982 totalizou 6,1mm, enquanto em 1985 foi de 72,3mm.

TABELA 2. Produtividade média (kg/ha) do Caupi e análise de variância dos métodos de captação de água de chuva "in situ".

Tratamentos	1982	1984	1985 <sup>1</sup>	1985 <sup>2</sup>
Guimarães Duque	385,60a	926,50a	966,50	490,75
CP-México	345,00ab	970,13a	790,13	381,13
Sulcos e Camalhões	302,80ab	688,50 b	947,50	389,13
Plano	256,20 b	830,00ab	867,63	422,25
-----				
Média	322,40	853,78	892,94	420,81
Probabilidade F	0,1395	0,0169	0,1916	0,1477
C.V. (%)	25,93	20,03	19,47	23,83
Contraste <sup>3</sup>	0,0635	0,6544	0,6393	0,9631

<sup>1</sup>Primeiro plantio

<sup>2</sup>Segundo plantio

<sup>3</sup>Nível de significância de "F" no contraste ortogonal do plano em relação aos demais tratamentos.

Médias seguidas de letras iguais (colunas) não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos por Kampen & Krantz (s.d.), que não encontraram diferenças significativas entre vários sistemas de sulcos modificados quando comparados ao cultivo no plano, em solos argilosos, muito embora tenham encontrado incrementos nos rendimentos para os tratamentos com a técnica de captação de água de chuva "in situ". Segundo ICRISAT (1980), o sistema de sulcos e camalhões espaçados de 1,5m, em vertissolos profundos, favoreceu o estabelecimento do cultivo e incrementou o rendimento do caupi. Tovar (1977), também encontrou incremento no rendimento de grão para o método CP-México, quando comparado com o sistema tradicional de plantio.

O método Guimarães Duque proporcionou o maior rendimento, em média 16,6%, em relação ao plantio no plano (Figura 3), e os incrementos máximos proporcionados na produtividade foram de 50,5; 11,6; 11,4 e 16,2%, respectivamente, para os anos de 1982, 1984 e primeiro e segundo plantios de 1985.

Verifica-se um efeito altamente significativo para os ciclos (Tabela 3), demonstrando a influência das condições climáticas na produtividade do Caupi. A interação entre os ciclos e os tratamentos apresentou um efeito significativo de 5,0%, confirmando a importância do clima no estudo comparativo de métodos de captação de água de chuva "in situ". O comportamento dos tratamentos obedeceu a um efeito cúbico.

A produtividade está diretamente relacionada com a precipitação total (Figura 3). Também o balanço hídrico exerce influência sobre a produtividade, sendo que, em 1984 e no primeiro plantio de 1985, quando este foi positivo, obteve-se os maiores rendimentos médios de 853,78 e 892,94 kg/ha, respectivamente.

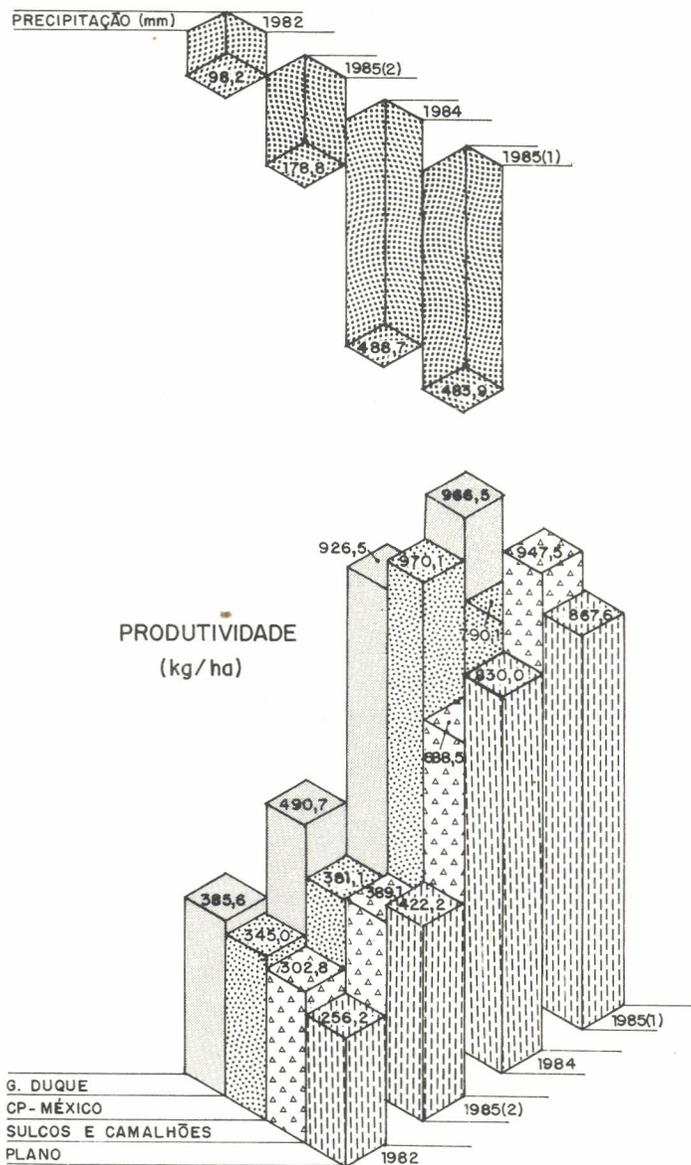


FIG. 3. Produtividades médias (kg/ha) do caupi em diferentes métodos de captação de água de chuva "in situ" e precipitação total (mm) no ciclo.

TABELA 3. Análise de variância conjunta dos quatro ciclos culturais do Caupi em relação aos métodos de captação de água de chuva "in situ" e a Testemunha.

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrado	F
Ciclo 1	3	7043307,90	123,24**
Tratamento 2	3	214911,89	1,53ns
Bloco (ciclo)	25	476236,77	0,93ns
Ciclo x Tratamento	9	421681,96	2,28*
-----			
Efeito linear	1	51868,34	2,52ns
Efeito quadrático	1	23975,12	1,16ns
Efeito cúbico	1	128150,90	6,23*

Média Geral = 653,53.

C.V. = 21,95%

1-  $F = \text{QM Ciclo} / \text{QM Bloco (ciclo)}$ .

2-  $F = \text{QM Tratamento} / \text{QM Ciclo x Tratamento}$ .

ns - não significativo

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Segundo Silva & Porto (1982), por ser a disponibilidade de água no solo uma função do regime pluviométrico e da sua capacidade de armazenamento de umidade, a exploração agrícola torna-se uma atividade de alto risco nas regiões áridas e semi-áridas, onde geralmente os solos são rasos e o regime pluviométrico é irregular em quantidade e na distribuição sequencial, além do período chuvoso poder coincidir com a época de maior incidência de radiação solar, favorecendo um maior desequilíbrio hídrico, como acontece na maioria da região Nordeste. Este risco é reduzido pela utilização de técnicas de captação de água de chuva "in situ", que diminuem o efeito das estiagens nos anos de precipitação espaço-temporais mais irregulares a exemplo dos ciclos agrícolas de 1982 e 1985 (segundo plano).

Devido às características edafo-climáticas da região, recomenda-se o uso intensivo da técnica de captação de água de chuva "in situ", principalmente o método Guimarães Duque, visando incrementos significativos na produtividade do Caupi.

## CONCLUSÕES

As condições climáticas influenciam ao nível de 1,0% de probabilidade a produtividade do feijão Caupi. A interação Ciclo x Tratamento foi significativa (5,0%) confirmando a importância do clima no estudo comparativo de métodos de captação de água de chuva "in situ".

Nos anos de precipitação pluviométrica espaço-temporais irregulares, os métodos de captação de água de chuva "in situ" apresentaram um incremento máximo na produtividade do Caupi de 50,5% e nos anos agrícolas com distribuição regulares de 16,9% significativos aos níveis de 13,95% e 1,69%, respectivamente.

A produtividade está diretamente relacionada com a precipitação e a evaporação durante o ciclo de cultivo, e quando o balanço hídrico foi positivo, como em 1984 e 1985 primeiro plantio, obteve-se produtividades máximas de 853,78 kg/ha com 488,7mm de chuva e 892,94 kg/ha com 483,9mm, respectivamente.

O método Guimarães Duque proporcionou o maior rendimento em média 16,6% em relação à Testemunha (Plantio no Plano), e os incrementos máximos proporcionados na produtividade do Caupi foram de 50,5; 11,6; 11,4 e 16,2%, para os anos agrícolas de 1982, 1984 primeiro e segundo plantios de 1985, respectivamente.

Os sistemas de captação de água de chuva "in situ", representados pelos métodos Guimarães Duque, CP-México e Sulcos e Camalhões em curva de nível, principalmente o método Guimarães Duque, incrementaram a produtividade do Caupi em relação ao Plano no ano de maior irregularidade pluviométrica, confirmando a importância da tecnologia para a agricultura dependente de chuva nas regiões áridas e semi-áridas brasileiras.

O custo máximo da tecnologia corresponde às práticas agrícolas de locação de curvas de nível, aração, gradagem e sulcamento.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM NETO, M. da S. Ocorrência de precipitação no campo experimental da Caatinga. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1985. 7p.
- ANAYA G. M. Technology and desertification. In: CONFERENCE ON DESERTIFICATION, Nairobi, Kenya, 1977. **Desertification: its causes and consequences.** Oxford, Pergamon Press, s.d. p.319-448.

- ANAYA G. M. **Captacion del agua de lluvia: estrategia para el desarrollo de la agricultura tradicional em zonas áridas.** s.n.t. 23p. Trabalho apresentado no I Simpósio Brasileiro do Trópico Semi-Árido, Olinda, PE, 1982.
- CLUFF, C.B. & FROBEL, R.K. **Water harvesting catchment and reservoir construction methods.** Tucson, Arizona, University of Arizona, College of Earth Sciences, 1978. 44p. (Arizona. University. College of Earth Science. Water Resources Contribution, 2).
- DORASWAMY, G.; PORTO, E.R. & CERQUEIRA, P.R.S. **Avaliação econômica de tecnologias em sistemas integrados de produção de pequenas propriedades agrícolas: um estudo de caso.** Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1985. 88p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 41).
- FEDERER, W.T. **Experimental design: theory and application.** New Delhi, Oxford & IBH, 1967. 590p.
- HARGREAVES, G.H. **Precipitation dependability and potentials for agricultural production in Northeast Brazil.** Logan, Utah State University, 1974. 123p.
- INSTITUTO NORDESTINO PARA FOMENTO DE ALGODÃO E OLEAGINOSAS, Recife, PE. **A lavoura seca e sua importância para o desenvolvimento de regiões semi-áridas.** Recife, PE. 1973. 12p.
- INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS, Patancheru, AP, India. **Report of the collaborative multilocation sorghum modeling experiment.** Patancheru, AP, India, 1980. 65p. il.
- KAMPEN, J. & KRANTZ, B.A. **Soil and water management in the semi-arid tropics.** Hyderabad, India, ICRISAT. s.d. n.p.

- LAL, H.; SILVA, A. de S.; PORTO, E.R. & COSTA, A.E.M. da. Lâmina enleiradora a tração animal e seu uso em novo sistema de captação de água de chuva in situ. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(11):1385-93. nov. 1984.
- PIRES, T.S. Tipo de água e frequência de irrigação por cápsulas porosas. Santa Maria, UFSM, 1982. 123p. Tese Mestrado.
- QUEIROZ, F.A.N. Reorientação da agropecuária do semi-árido do nordestino. Fortaleza, BNB-ETENE/FUNDECI. 1974. 47p. (BNB. Estudos Econômicos e Sociais, 30).
- RICHÉ, G.R. Características morfo-físico-químicas dum perfil de solo representativo do Campo Experimental Tração Animal, Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, s.d. 4p.
- SILVA, A. de S. & ANAYA G. M. Algunas consideraciones sobre manejo del suelo y del agua para el desarrollo de la agricultura tradicional en el Nordeste de Brasil. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1979. 138p. il.
- SILVA, A. de S. & PORTO, E.R. Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil: tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128p. il. (EMBRAPA-CPATSA Documentos, 14).
- TOVAR, S.J.L. Captacion y aprovechamiento del recurso lluvia como una alternativa para a produccion de grano y forrage de maiz en zonas de temporal deficiente. Chapingo, Mexico, Colegio de Postgraduados, 1977. 312p. Tese Mestrado.

## CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU" II: DENSIDADE DE CAUPI<sup>1</sup>

Everaldo Rocha Porto<sup>2</sup>  
Aderaldo de Souza Silva<sup>3</sup>  
Luiza Teixeira de Lima Brito<sup>4</sup>  
Marco Almiro Resende Monteiro<sup>3</sup>

**RESUMO** - Em experimento conduzido nos anos de 1983, 84 e 85, no campo experimental do CPATSA-EMBRAPA, avaliaram-se quatro populações de caupi, com a técnica de captação de água de chuva "in situ" - denominada Guimarães Duque. O delineamento foi em blocos ao acaso com seis repetições. O maior rendimento foi obtido com a população de planta de 56.800 plantas/ha. Este rendimento foi estatisticamente significativo ao nível de 5% e corresponde ao incremento de 111% em relação à testemunha.

Termos de indexação: população, espaçamento, vinda, manejo de solo e água, captação de água, sequeiro.

### "IN SITU" RAINFALL WATER HARVESTING II. PLANT POPULATION OF COWPEA

**ABSTRACT** - During 1983, 84 and 85 four plant populations of cowpeas were tested in the experimental station of CPATSA using the water harvesting technique called Guimarães Duque. The experimental design was randomized blocks with six replications. The highest population with 56.800 plants/ha gave the best yield. This result was statistically significant at 5% level and corresponds to a yield increment of 111% in comparison with the control.

<sup>1</sup> Contribuição do Convênio EMBRAPA-CPATSA/SUDENE-PAPP/BNDES-Finsocial/PAPP - Aproveitamento dos Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Trópico Semi-Árido.

<sup>2</sup> Eng. Agr. Ph.D., em Ciência do Solo e Água, EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

<sup>3</sup> Eng. Agr., M.Sc., em Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-CPATSA.

<sup>4</sup> Enga. Agrícola, EMBRAPA-CPATSA,

Index terms: plant population, cowpeas, water harvesting,  
plant spacing.

## INTRODUÇÃO

A pequena produção constitui hoje, a base da produção agrícola mundial e, nos países do terceiro mundo, produz a quase totalidade dos alimentos, ocupando a maior parte da mão-de-obra, sendo o alicerce da estabilidade sócio-econômica (Vivallo & Williams 1984).

Estimativas feitas pela FAO (1981) indicam que, no ano 2000 com uma população mundial superior a 6 bilhões, necessitará de uma produção agrícola 50 a 60% maior do que a de 1980, sendo que nos países em desenvolvimento, a demanda de produtos alimentícios e agrícolas será duplicada, isto porque tem ocorrido uma emigração rural, que contribuiu para duplicar a população urbana em apenas 15 anos.

Segundo Silva et al (1984) no Nordeste brasileiro, 93% dos estabelecimentos agrícolas têm área igual ou inferior a 100ha e embora detenham apenas 30% da área total, respondem por mais de 60% da produção.

A atividade agrícola no semi-árido brasileiro é constituída de modo geral, por uma agricultura de subsistência baseada no milho, feijão e mandioca, e é predominantemente desenvolvida através da agricultura de sequeiro, caracterizando-se por produções instáveis e baixas produtividades. Porto et al.(1983) afirmam que nesta região, em cada dez anos, apenas três são considerados normais à exploração agrícola, transformando a agricultura numa atividade de alto risco.

Diversas práticas agrícolas são utilizadas, objetivando reduzir este risco e tornar a agricultura menos vulnerável, entre elas a captação de água de chuva "in situ", tem contribuído para amenizar os efeitos das estiagens.

A cultura do caupi, cuja importância para a região, está implícita no fato de que a maior parte da produção do Nordeste, correspondente a 91% da produção nacional, é obtida no Sertão, necessita portanto, de alternativas tecnológicas que pelo menos estabilizem sua produção.

Segundo Morgado & Rao (1985), a estratégia para agricultura de sequeiro, deveria ser aquela em que o sistema selecionado aproveitasse o máximo possível os recursos hídricos, em anos de chuvas regulares e não corresse risco de perda total nos anos irregulares, e que o ideal seria o plantio de populações altas com desbaste posterior, de modo que o número de plantas fosse adequado às chuvas que ocorressem no período.

O objetivo proposto, foi avaliar o efeito de diferentes densidades de plantas de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], sob a técnica de captação de água de chuva "in situ" - Método Guimarães Duque, adaptado pelo CPATSA.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos de 1983 a 1985, na Estação Experimental Manejo da Caatinga, EMBRAPA/CPATSA, em Petrolina, PE, com coordenadas geográficas Latitude 09° 05'S; Longitude 40° 24'S; e Altitude 379 m.

O solo da área é um podzólico-planossólico, com algumas características físicas apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1- Algumas características físicas do solo da área experimental.

Profundidade (cm)	Textura(%)			Densidade Aparente(g/cm <sup>3</sup> )	Umidade(%)	
	Areia	Silte	Argila		1/3 atm	15 atm
0- 20	78	9	13	1,46	8,70	4,63
20- 40	63	9	28	1,57	16,54	7,84
40- 60	50	10	40	1,47	21,76	10,79
60- 80	48	12	40	1,40	23,60	11,53
80-100	47	13	40	1,46	22,13	12,29

A área apresentava uma vegetação raleada de caatinga nativa, sendo desmatada e destocada.

O método de captação de água de chuva "in situ" implantado foi o Guimarães Duque, de acordo com Silva et al. (1986). Os tratamentos foram em faixas de 18m x 70m. O de lineamento experimental foi em blocos com seis repetições. Cada parcela era formada por 3 sulcos com 4,5 m de largura e 5,3m de comprimento, sendo um sulco como área útil e dois como bordadura. Os tratamentos consistiram de quatro populações de plantas C1, C2, C3 e C4, (Tabela 2).

No primeiro ano foi aplicada em todas as parcelas, uma dose básica de fósforo, correspondente a 50 kg/ha na forma de superfosfato simples. Os plantios foram efetuados em 20.01.83, 12.03.84 e 10.01.85, com plantadeiras manuais tipo matraca, de acordo com os espaçamentos estabelecidos, deixando-se duas plantas por cova após o desbaste.

Foram realizadas duas capinas manuais no controle das ervas daninhas. Para combater a cigarrinha, efetuou-se duas pulverizações com Monocrotophos em cada ciclo vegetativo.

As amostras de solo para determinação do teor de umidade, em base ao peso seco (105-110°C), pelo processo gravimétrico, foram coletadas nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-45 cm, em todas as fases de desenvolvimento da cultura. Estas amostras foram retiradas nos sulcos correspondentes a área útil no tratamento.

TABELA 2. Espaçamentos e densidades de plantas para a cultura do caupi.

Tratamentos	Espaçamentos ( m )	Densidade esperada (plantas/ha)
C1	1,33 x 1,5	10.000
C2	0,53 x 1,5	25.000
C3	0,33 x 1,5	40.000
C4	0,24 x 1,5	55.000

Após a colheita de cada ciclo, os restos culturais permaneceram na área até o término das chuvas, sendo posteriormente incorporados ao solo. Em cada ciclo vegetativo foram coletados dados diários de precipitação e evaporação do Tanque classe "A" na Estação Meteorológica da Caatinga.

O rendimento obtido a 13% de umidade do grão, foi analisado estatisticamente através da análise de variância e do teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias (Federer 1967), realizada análise de regressão múltipla, de acordo com metodologia descrita por Draper & Smith (1966).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo do caupi foi agrupado em quatro fases fenológicas, conforme determinado por Pires (1982): germinação - do 1º ao 10º dia, desenvolvimento vegetativo - 11º ao 30º; floração - 31º ao 60º e maturação - 61º ao 80º dia, após o plantio. Durante estas fases relacionaram-se as precipitações e evaporações diárias e os teores de umidade para os três anos agrícolas (Figura 1).

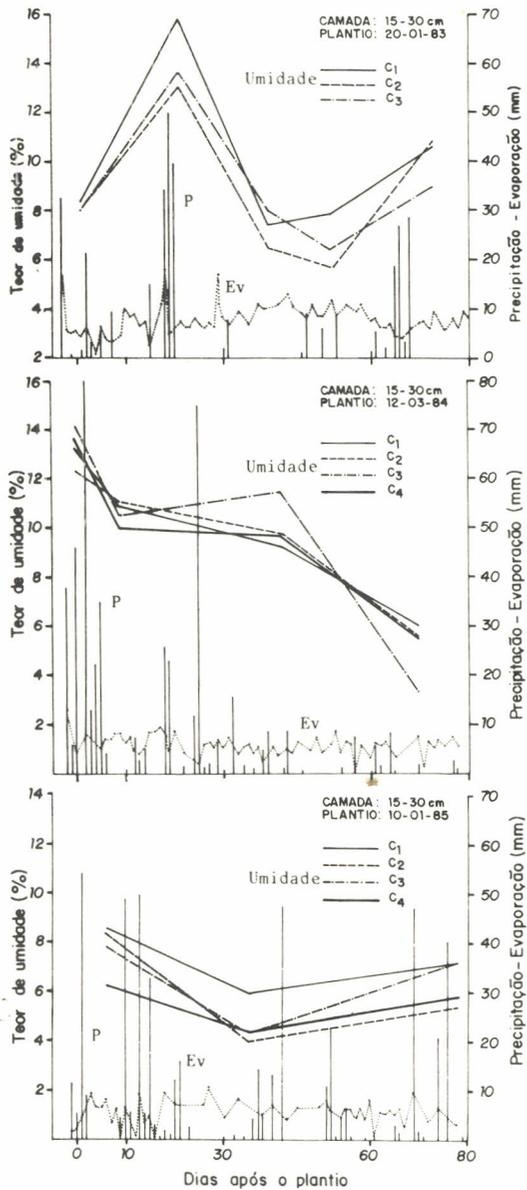


FIG. 1. Distribuição de umidade do solo (%), precipitação - P e evaporação - Ev (mm) em densidade de plantas do caupi com captação de água de chuva "in situ".

Na Figura 1, observa-se que as maiores concentrações de chuvas, nos dois primeiros anos (1983 e 1984), ocorreram na primeira e segunda fases fenológicas, com 231,9 e 416,6mm, respectivamente, com balanço hídrico positivo. Já na floração, as precipitações totais foram apenas de 35,0 e 55,3mm, respectivamente, com alto déficit hídrico, com evaporações diárias de até 18mm em 1983. Nesta fase, o teor de umidade do solo na camada de 15 a 30cm variou de 5,8 a 8,2% no primeiro ano, nas três densidades e em 1984 foi de 9,7 a 11,8%, na mesma fase.

Em 1985, o comportamento da distribuição pluviométrica ocorreu de forma mais regular em todas as fases fenológicas, com 267,5 e 137,5mm, nas duas primeiras fases. A distribuição da umidade no solo variou de 4,2 a 6,4% na fase de floração, nas diferentes densidades.

A variação da distribuição pluviométrica nas diferentes fases fenológicas, nos três anos de estudo, influenciou diretamente nos rendimentos obtidos com as diferentes densidades, como pode ser observado na Tabela 3. A análise de variância não apresentou diferenças significativas nas produtividades médias de caupi em 1983 e 1984, com as diferentes densidades, contudo, em 1985 apresentou diferenças altamente significativas.

Pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade, a maior população (56.799 plantas/ha), produziu a maior produtividade média, que foi superior estatisticamente às demais. Resultados semelhantes foram observados por Paiva & Albuquerque (1970) que não encontraram diferenças significativas entre as densidades de 13.000, 20.000, e 40.000 plantas por hectare, com as maiores produtividades alcançadas e com as densidades mais elevadas.

TABELA 3- Produtividade média (kg/ha) de caupi e análise de variância em diferentes densidades de plantas, com captação de água de chuva "in situ".

Tratamentos	1983		1984		1985	
	Densidade (p/ha)	Pm (kg/ha)	Densidade (p/ha)	Pm (kg/ha)	Densidade (p/ha)	Pm (kg/ha)
C1	16.667	625,83	15.556	770,33	9,121	491,20 <sup>d</sup>
C2	-	-	34.444	818,50	24.461	680,20 <sup>c</sup>
C3	48.889	588,83	44.444	903,67	38.142	833,20 <sup>b</sup>
C4	56.667	622,00	52.221	948.33	56.799	1037,20 <sup>a</sup>
Média Geral (kg/ha)		612,22		860,20		760,42
Valor de F		0,38ns		3,22ns		30,23**
C.V. (%)		13,24		12,79		13,57

Médias seguidas de letras iguais, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Pm- produtividade média;

n.s.- não significativo;

\*\*-significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Em 1983, a menor densidade de plantas proporcionou o maior rendimento, apresentando níveis de umidade do solo mais elevados que as outras densidades. Devido a extrema irregularidade das chuvas (Figura 1), durante o período crítico da cultura, a diferença entre as produtividades foi pequena, tornando mínimo o efeito das densidades.

Em 1984, o maior rendimento foi obtido com a mais alta densidade de plantas, semelhante ao ocorrido em 1983, quando a irregularidade pluviométrica durante o período crítico da cultura, diminuiu o efeito das densidades sobre a produtividade. Também em 1985, a densidade mais elevada proporcionou o maior rendimento, devido a melhor distribuição das chuvas, com menores índices de evaporação diária, durante o ciclo da cultura, podendo-se observar o efeito da população sobre a produtividade, com incrementos de até 111%.

Estes resultados confirmam os encontrados por Morgado & Rao (1985) e Paiva & Albuquerque (1970), afirmando que de modo geral, populações de 50.000 plantas por hectare, têm-se mostrado como ótimas para o plantio do caupi, contudo, estas populações não podem ser generalizadas para todas as situações, dada a grande interação existente entre populações de plantas e umidade do solo e a variabilidade da estação chuvosa na região.

Os anos, assim como a interação ano x densidade (Tabela 4), apresentaram efeitos altamente significativos, demonstrando a influência das condições climáticas no estudo de densidade de plantio, com captação de água de chuva "in situ".

A análise de regressão múltipla de produtividade em kg/ha (PROD), em função da densidade de plantas (POP), da precipitação pluviométrica total em milímetros (PREC) e do número de dias secos (EST), ocorridos durante o ciclo

de cultivo de 80 dias, permitiu obter-se a equação  $PROD = -682,099 - 0,025POP + 0,53PREC + 20,291EST + 0,000068POP \times PREC$  ( $r^2 = 0,925$ ).

Os dados máximos e mínimos usados de produtividade, densidade de plantas, precipitação e dias secos, variaram no intervalo de 491 a 1037,20 kg/ha; 9.121 a 56.799 plantas por hectare; 356,6 a 483,9mm e de 55 a 45 dias secos, respectivamente. Entretanto, a produtividade somente poderá ser estimada, quando forem considerados os valores da precipitação total no ciclo de cultivo, população e o número de dias secos, dentro dos intervalos estudados, sem dar valor isolados as variáveis.

A equação apresenta um efeito linear, face aos tratamentos de população estudados, sendo a maior produtividade de proporcionada com a mais elevada população.

**TABELA 4.** Análise de variância conjunta de diferentes densidades de plantio de caupi, durante três anos.

Fonte de Variação	GL	SQ	Valor de F
Ano <sup>1</sup>	2	633184,63	24,26**
Densidade <sup>2</sup>	3	756535,54	3,82ns
Bloco (Ano)	15	195776,65	1,28ns
Ano x Densidade	5	330174,86	6,49**
Resíduo	40	406847,85	-

Média geral = 756,28 - C.V. 13,34%

1- F= QM Ano/QM Bloco (Ano)

2- F= QM Densidade/QM Ano x Densidade

ns= não significativo

\*\*= significativo ao nível de 1% de probabilidade

Numa condição de precipitação de 483,9mm, ocorrendo 45 dias secos, com uma população de plantas de 56.799 plantas/hectare, produziu-se 936,5 kg/ha, enquanto com 9.121 plantas/hectare, considerando-se os mesmos valores para precipitação e dias secos, o rendimento foi de 599,6 kg/ha.

### CONCLUSÃO

A análise de variância apresentou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, somente para o ano/1985.

Os anos e a interação ano x densidade, apresentaram efeitos totalmente significativos (1%).

A equação de regressão múltipla obtida  $PROD = -682,099 - 0,025POP + 0,53PREC + 20,291EST + 0,000068POP \times PREC$  ( $r^2 = 0,925$ ), apresenta um efeito linear entre população e produtividade, sendo a maior produtividade estimada de 936,5 kg/ha, proporcionada pela mais alta população que foi de 56.799 plantas/hectare, com precipitação total de 483,9mm e 45 dias sem chuva durante o ciclo de caupi.

O efeito das densidades de plantas se torna mínimo, quando na fase de floração ocorre irregularidade pluviométrica, em consequência do baixo teor de umidade no solo.

O maior rendimento com 1037,20 kg/ha foi proporcionado pela mais alta população com 56.799 plantas/ha. Quando ocorreu uma melhor distribuição das chuvas, observou-se o efeito da população sobre a produtividade com incrementos de até 111%.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DRAPER, N.R. & SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York, J. Wiley, 1966. 407p.

- FAO, Roma, Itália. **La agricultura hacia el año 2000: problemas y opciones de America Latina**. Roma, 1981. 239p.
- FEDERER, W.T. **Experimental design: theory and application**. New Delhi, Oxford & IBH, 1967. 590p.
- MORGADO, L.B. & RAO, M.R. População de plantas e níveis de água no consórcio milho x caupi. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, 20(1):45-55, jan. 1985.
- PAIVA, J.B. & ALBUQUERQUE, J.J.L. Espaçamento em feijão de corda (*Vigna sinensis* Endl.) no Ceará. **Turrialba**, Costa Rica, 20(4)413-4, out-dez. 1970.
- PIRES, T.S. **Tipo de água e frequência de irrigação por cápsulas porosas**. Santa Maria, UFSM, 1982. 123p. Tese Mestrado.
- PORTO, E.R.; GARAGORRY, F.L.; SILVA, A. de S. & MOITA, A. W. **Risco climático**; estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio. I. Cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129p. EMBRAPA-CPATSA. Documentos, 23).
- SILVA, A. de S.; PORTO, E.R.; BRITO, L.T. de L. & MONTEIRO, M.A.R. Captação de água de chuva "in situ". I. Comparação de métodos na região semi-árida brasileira. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 7, Brasília, 1986. **Anais...** Brasília, ABID, 1986. v.3, p.1019-36.
- SILVA, A. de S.; SOARES, J.M. & PORTO, E.R. **Tecnologias de baixo custo para convivência do homem com a seca**. Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1984. 37p. il. trabalho apresentado no XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Fortaleza, CE, 1984.

VIVALLO P., A.G. & WILLIAMS F., C.O. Pequenos agricultores II. Método de avaliação econômica e financeira. Petrolina, PE. EMBRAPA-CPATSA, 1984. 97p. (EMBRAPA-CAPTSA. Documentos, 25).

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU", III.  
DENSIDADE DE MILHO<sup>1</sup>

Marco Almiro Resende Monteiro <sup>2</sup>

Aderaldo de Souza Silva <sup>2</sup>

Luiza Teixeira de Lima Brito <sup>3</sup>

Everaldo Rocha Porto <sup>4</sup>

**RESUMO** - Para se determinar as populações de milho variedade Centralmex, com o sistema de captação de água de chuva "in situ", mais adequadas as regiões com elevada irregularidade pluviométrica espaço-temporal, foram instalados experimentos nos anos agrícolas de 82/83, 83/84 e 84/85 no Campo Experimental da Caatinga do CPATSA-EMBRAPA, avaliando cinco densidades de plantio (75.000, 60.000, 45.000, 30.000 e 15.000 plantas/ha). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis repetições. Houve um efeito altamente significativo da densidade de plantio sobre a produtividade do milho nos três anos. A análise conjunta apresentou um efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para os anos e para a interação ano-densidade.

<sup>1</sup> Contribuição do Convênio EMBRAPA-CPATSA/SUDENE-PAPP/BNDES-Finsocial/PNP - Aproveitamento dos Recursos Naturais e Sócio Econômicos para o Trópico Semi-Árido.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc. em Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, 56300 Petrolina, PE.

<sup>3</sup> Enga. Agrícola, EMBRAPA-CPATSA.

<sup>4</sup> Eng. Agr., Ph.D. em Ciência de Solo e Água, EMBRAPA-CPATSA.

A equação de regressão múltipla determinada com a produtividade (PROD) em função da população de plantas (POP), da precipitação total (PREC) e do número de dias sem chuva (EST) durante o ciclo da cultura,  $PROD = -6082,554 - 0,067 POP + 7,951 PREC + 61,048 EST + 0,00012 POP \times PREC$  ( $r^2 = 0,84$ ), indica que as maiores produtividades foram obtidas com as menores populações. O aumento da precipitação incrementou o rendimento, sendo obtidas produtividades médias de 1686,2; 2676,8 e 3811,0 kg/ha, respectivamente, com precipitações totais de 360,7; 493,9 e 676,4mm durante o ciclo da cultura. As maiores produtividades foram com 18.000 plantas/ha quando o déficit hídrico foi de 656,8mm, com 21.111 e 32.222 plantas/ha para um déficit hídrico de 227,2mm. As elevadas produtividades obtidas com a captação de água de chuva "in situ" sem o uso de adubação na caatinga, evidenciam o grande potencial agrícola dessas áreas para a exploração do milho.

Termos de indexação: *Zea mays* L. espaçamento, população de plantas, agricultura de sequeiro.

### "IN SITU" RAINFALL WATER HARVESTING, III. PLANT POPULATION OF MAIZE

**ABSTRACT** - In order to determine the more suitable plant population of maize (Cultivar Centralmex) to regions with high spatial/temporal rainfall irregularity, there experiments were carried out during the season of 1982/83, 1983/84 and 1984/85 in the Dryland Experimental Station of CPATSA-EMBRAPA. Five plant populations of maize, (75,000; 60,000; 45,000; 30,000 and 15,000 plants/ha) were grown with the "in situ" rainfall water harvesting system. The experimental design was a randomized block design with six replications. There was a highly significant effect of plant population on maize yield in

the three rainy seasons. The global analysis has show a significant effect (P 0.01) for years and year x plant population interaction. Yield multiple regression equation (PROD) determined as a function of plant population (POP), total precipitation (PREC) and the number of days without rainfall (EST) during the crop cycle was  $PROD = -6082.554 - 0.067 POP + 7.951 PREC + 61.048 EST + 0.00012 POP \times PREC$  ( $r^2 = 0.84$ ). It estimates the higher yields for lower plant populations. Yield increased with the increment in precipitation. The average yields were 1,686.2, 2,676.8 and 3,811.0 kg/ha with 360.7, 494.9 and 676.4mm rainfall during the crop cycle respectively. The highest yields were recorded with 18,000 plants/ha when the water deficit was 656.8mm and 21,111 and 32,222 plants/ha for a water deficit of 222.2mm. The high yields obtained under "in situ" rainfall water harvesting system without chemical fertilizer in rainfed condition, indicate the great potential of this area for maize production.

Index terms: *Zea mays* L., row specing, plant density, rainfed agriculture.

## INTRODUÇÃO

Entre os fatores limitantes da produção agropecuária na região semi-árida brasileira, a água é um dos fatores essenciais, sendo a chuva sua principal fonte de alimentação. Esta, além de sua irregularidade espaço-temporal, ocorre em curtos períodos, 3 a 5 meses. O máximo aproveitamento desta água torna-se, então, uma questão fundamental. Porto & Silva (1982) afirmam que nesta região, praticamente em cada 10 anos, apenas 3 são considerados normais a exploração agrícola, transformando a agricultura numa atividade de alto risco.

A exploração agropecuária desenvolvida na região semi-árida brasileira é constituída, de modo geral, por uma agricultura de subsistência, baseada no milho, feijão e mandioca. Desta maneira deve ser praticada visando garantir a disponibilidade de alimentos e gerar excedentes para o mercado. O milho constitui um dos principais produtos da alimentação na região. Seu consumo atualmente é de aproximadamente 3,0 milhões de toneladas por ano, das quais cerca de 2,0 milhões se destinam ao consumo animal e 1,0 milhão à alimentação humana. Enquanto isso a produção da região é menos de 500 mil toneladas (Queiroz 1984).

Espinoza et al. (1980) mostraram que as populações de 20.000 a 40.000 pés de milho por hectare, apresentaram maiores rendimentos sob condições de baixo teor de umidade do solo, podendo assim, se tornar uma prática importante para reduzir os efeitos do déficit hídrico. No oeste dos Estados Unidos, sob condições semi-áridas, os melhores rendimentos foram obtidos com densidades de 30.000 a 40.000 plantas por hectare, e o maior espaçamento apresentou o maior número de espigas por planta e espigas de maior peso (Alessi & Power 1975).

Diversas práticas agrícolas são utilizadas visando reduzir os riscos de exploração e tornar a agricultura menos vulnerável. Entre elas, a densidade de plantas tem contribuído para amenizar estes efeitos e aumentar a produtividade. É objeto deste trabalho analisar o efeito da captação de água de chuva "in situ" em densidade de planta na cultura do milho cv. Centralmex. O método de captação de água de chuva "in situ" estudado foi o Guimarães Duque, que apresentou resultados significativos, quando comparado com outros métodos e com o sistema tradicional de plantio (Silva et al. 1986).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Caatinga - CPATSA, em Petrolina, PE, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 09°05'S; Longitude 40°24'W e Altitude 379m; por um período de três anos, correspondente aos anos agrícolas de 1983 a 1985. O solo da área é um Podzólico-planossólico de textura leve, e suas características físicas são apresentadas na Tabela 1.

A área onde instalou-se o experimento apresentava uma vegetação raleada de caatinga que foi desmatada e destocada.

A adubação constou de uma única aplicação de 50 kg/ha de fósforo na forma de superfosfato simples no primeiro ano, com o objetivo de reproduzir a situação do pequeno produtor nordestino que não utiliza adubação mineral.

O método de captação de água de chuva "in situ" implantado foi o Guimarães Duque, de acordo com Silva et al. (1986).

O experimento possuía 15 sulcos em nível com 70m de comprimento e espaçamento de 1,5m. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis repetições. Cada parcela formada por três sulcos possuía 4,5m de largura e 7,0m de comprimento, sendo a área útil de 8,0m<sup>2</sup>.

TABELA 1. Características físicas do solo da área experimental.

Profundidade	Textura (%)			Densidade Aparente(g/cm <sup>3</sup> )	Umidade (%)	
	Areia	Silte	Argila		1/3 atm	15 atm
0 - 20	78	9	13	1,46	8,70	4,63
20 - 40	63	9	28	1,57	16,54	7,84
40 - 60	50	10	40	1,47	21,76	10,79
60 - 80	48	12	40	1,40	23,60	11,53
80 - 100	47	13	40	1,46	22,13	12,29

Os tratamentos consistiram de cinco densidades de plantio com espaçamentos entre covas de 0,18; 0,22; 0,30; 0,44 e 0,88m por 1,5m entre linhas e duas plantas por cova, correspondendo respectivamente as densidades de 75.000, 60.000, 45.000, 30.000 e 15.000 plantas/ha.

O plantio foi efetuado com plantadeira manual, tipo matraca, seguindo-se os espaçamentos requeridos pelos tratamentos, logo após a ocorrência das primeiras chuvas nos dias 21.01.83, 12.03.84 e 10.01.85.

Para uniformização do stand, após a germinação foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por cova.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de duas capinas manuais para cada ciclo vegetativo e para o controle da lagarta-do-cartucho foram feitas duas pulverizações com Permethrin. O teor de umidade do solo foi determinado pelo processo gravimétrico em amostras de solo nas camadas de 0-15, 15-30 e 30-45cm. Foram coletados na Estação Meteorológica da Caatinga os dados diários de precipitação e evaporação do Tanque Classe "A".

O rendimento do milho obtido com uma umidade do grão de 15,5%, foi analisado estatisticamente através da análise de variância sendo utilizado para a comparação de médias o teste de Duncan (Federer 1967). Foi também realizada a análise de regressão múltipla de acordo com metodologia descrita por Draper & Smith (1966).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado, o stand final não coincide com o stand inicial, sendo que estas diferenças entre as populações esperadas e as obtidas, são devido as dificuldades de obtenção de um determinado número de plantas por

hectare, causadas por uma série de fatores, tais como: poder germinativo da semente; distribuição de chuvas; ataque de pragas e perdas de plantas durante os cultivos, (Novais et al. 1971). Há também uma maior redução percentual na população final, com o aumento da densidade de plantio (Novais et al. 1971, Viegas et al. 1963).

Observa-se na Tabela 2 que o teste F demonstrou um efeito altamente significativo da densidade de plantio sobre a produtividade do milho nos três anos de estudo e, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, verifica-se que em 1983 a produtividade com a densidade de 18.000 plantas/ha foi superior estatisticamente as maiores densidades e, em 1984 as maiores produtividades foram obtidas com as populações de 21.111 e 32.222 plantas/ha que diferiram significativamente das densidades mais elevadas. Em 1985 as populações de 27.407, 35.926 e 46.666/planta/ha não diferiram entre si e apresentaram os mais altos rendimentos sendo superiores estatisticamente a menor e a maior densidade.

O ano e a interação ano x densidade (Tabela 3) apresentaram um efeito altamente significativo, demonstrando a influência das condições climáticas sobre os resultados obtidos, com as diferentes densidades de plantio do milho com a captação de água de chuva "in situ".

A análise de regressão múltipla da propriedade em kg/ha (PROD), em função da população de plantas por hectare (POP), da precipitação pluviométrica total em mm (PREC) e do número de dias sem chuvas (EST) ocorridos durante o ciclo de cultivo considerado de 120 dias para o milho, permitiu obter a equação  $PROD = -6082,554 - 0,067 POP + 7,951 PREC + 61,048 EST + 0,00012 POP \times PREC$  ( $r^2 = 0,84$ ).

TABELA 2. Produtividade média do milho e análise de variância em densidade de plantas com captação de água de chuva in situ.<sup>1</sup>

Trat.	1983		1984		1985	
	Dens. pl/ha	Pm* kg/ha	Dens. pl/ha	Pm kg/ha	Dens. pl/ha	Pm kg/ha
M1	18.000	2175,5 a	21.111	2910,0 a	13.333	2776,5 c
M2	33.556	1674,3 bc	32.222	3012,3 a	27.407	4464,3 a
M3	38.667	1748,3 b	41.852	2398,7 b	35.926	4365,7 a
M4	43.556	1304,7 c	44.815	2467,5 b	46.666	4138,8 a
M5	54.889	1528,0 bc	49.259	2595,5 b	50.000	3309,7 b
Média		1686,2		2676,8		3811,0
Teste F		5,98**		7,78**		18,26**
C.V. (%)		19,12		8,91		11,06

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade;

\* Produtividade média;

\*\* - Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 3. Análise de variância conjunta da densidade de plantio do milho durante os três anos.

Fonte de Variação	GL	SQ	Valor de F	Probabilidade F
Ano (1)	2	67826807	346,15	0,0001
Densidade (2)	4	3569142	0,52	0,7227
Bloco (Ano)	15	1469612	0,87	0,6014
Ano x Densidade	8	13664355	15,14	0,0001
Resíduo	60	6769354	-	-

Média Geral - 2724,66 kg/ha; C.V. = 12,33%

$$1. F = \frac{Q_m \text{ Ano}}{Q_m \text{ Bloco (ano)}}$$

$$2. F = \frac{Q_m \text{ Densidade}}{Q_m \text{ Ano x Densidade}}$$

Os dados de produtividade, população, precipitação e estiagem, variaram nos intervalos de 1305 a 4464 kg/ha, 13.333 a 54.889 plantas/ha, 360,7 a 676,4mm e de 95 a 67 dias.

A equação apresenta um efeito linear inverso entre população e produtividade, sendo estimadas para uma precipitação de 493,9mm e 84 dias sem chuva durante o ciclo, produtividades de 2869 e 2548 kg/ha, respectivamente, com 13.333 e 54.889 plantas/ha.

Confirmando a estreita relação existente entre produtividade e disponibilidade de água, houve um grande incremento no rendimento com o aumento da precipitação (Fig.1), sendo obtidas em 1983, 1984 e 1985, produtividades médias de 1686,2; 2676,8 e 3811,0 kg/ha, respectivamente, com precipitações totais de 360,7; 493,9 e 676,4mm durante o ciclo da cultura.

O efeito da densidade também está relacionado com o total da precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura (Figura 1), pois com 360,7mm a maior produtividade foi de 2175,5 kg/ha com uma população de 18.000 plantas/ha, com 493,9mm obteve-se rendimentos de 3012,3 e 2910,0 kg/ha com respectivamente 32.222 e 21.111 plantas/ha e para a maior precipitação total ocorrida, que foi de 676,4mm, as densidades de 27.407, 35.926 e 46.666 plantas/ha proporcionaram respectivamente, 4464,3; 4365,7 e 4138,8 kg/ha, que foram os mais altos rendimentos. Estes resultados estão de acordo com os de Suzin (1970) os quais indicaram que em condições de limitada disponibilidade de água para a cultura, os rendimentos médios de grãos eram baixos e as menores densidades mostraram-se mais adequadas e, para os anos em que não houve falta d'água no período crítico do milho, os rendimentos de grãos elevaram-se, sendo obtidos as produções máximas com as densidades mais elevadas.

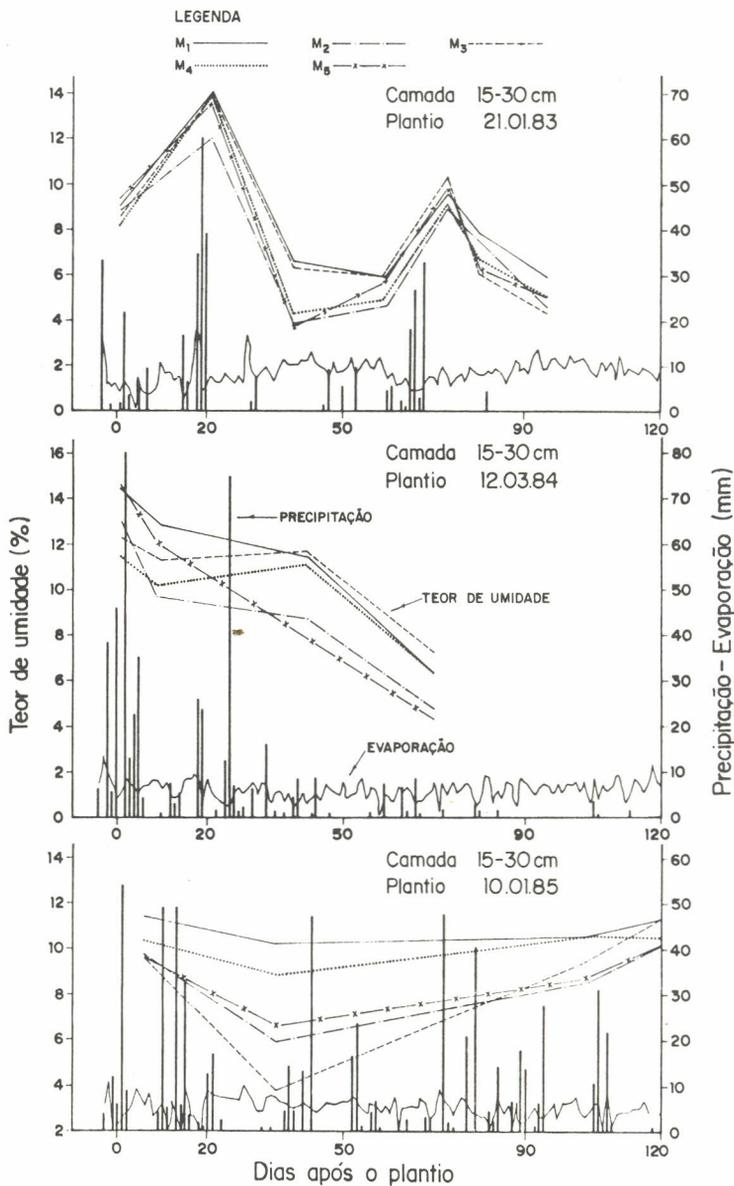


FIG. 1. Distribuição de umidade do solo (%), precipitação e evaporação (mm) em densidade de plantas de milho com captação de água de chuva "in situ".

Também segundo Espinoza et al. (1980) as menores densidades suportam melhor os períodos de déficit hídricos, razão pela qual as maiores produtividades foram obtidas no ano de 1984 com um déficit hídrico de 277,2mm nas populações de 21.111 e 32.222 plantas/ha e, em 1983 quando o déficit hídrico foi maior (656,8mm) com a população de 18.000 plantas/ha. Em 1985, com um balanço hídrico positivo as populações de 27.407, 35.926 e 46.666 plantas/ha apresentaram os maiores rendimentos sendo superiores ao da menor população.

Devido a não adubação do experimento, pois foi realizada apenas uma aplicação corretiva com fósforo no primeiro ano e sabe-se que a limitação dos nutrientes na produtividade é maior nas populações mais elevadas, estes resultados diferem dos encontrados por Moll & Kamprath (1977) os quais afirmam que, sob condições em que a água do solo não é um fator limitante, um aumento na densidade de plantio até 50.000 plantas/ha resulta em maiores rendimentos e Ishimura et al. (1984) que testando populações de 41.033 a 61.444 plantas/ha, encontraram aumento na produção com a elevação da população em várzea. Mesmo assim, as elevadas produtividades obtidas com a captação de água de chuva "in situ" sem o uso de adubação na caatinga, evidenciam o grande potencial agrícola dessas áreas para a exploração do milho.

## CONCLUSÕES

Houve um efeito altamente significativo da densidade de plantio sobre a produtividade de milho nos três anos.

A análise conjunta apresentou um efeito altamente significativo para os anos e para a interação ano x densidade.

A equação de regressão múltipla  $PROD = -6082,554 - 0,067 POP + 7,951 PREC + 61,048 EST + 0,00012 POP \times PREC$  ( $r^2 = 0,84$ ) indica que as maiores produtividades são obtidas com as menores populações.

O aumento da precipitação incrementou o rendimento, sendo obtidas produtividades médias de 1686,2; 2676,8 e 3811,0 kg/ha, respectivamente, com precipitações totais de 360,7; 493,9 e 676,4 mm durante o ciclo da cultura.

As maiores produtividades foram obtidas com 18.000 plantas/ha, quando o déficit hídrico foi de 656,8 mm, com 21.111 e 32.222 plantas/ha para um déficit hídrico de 227,2 mm e nas populações de 27.407, 35.926 e 46.666 plantas/ha com um balanço hídrico positivo.

As elevadas produtividades obtidas com a captação de água de chuva "in situ" sem o uso de adubação na caatinga, evidenciam o grande potencial agrícola dessas áreas para a exploração do milho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSI, J. & POWER, J.F. Effect of plant spacing on phenological development of early and midseason corn hybrids in a semi-arid region. **Crop Sci.**, **15**: 179-81, 1975.
- DRAPER, N.R. & SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York, J. Wiley, 1966. 407p.
- ESPINOZA, W. AZEVEDO, J. & ROCHA, L.A. Densidade de plantio e irrigação suplementar na resposta de três variedades de milho ao déficit hídrico na região dos Cerrados. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **15**(1):85-95, 1980.

FEDERER, W.T. **Experimental design: theory and application.**  
New Delhi, Oxford & IBH, 1967 590p.

ISHIMURA, I.; SAWAZAKI, E.; IGUE, T. & NODA, M. Práticas culturais na produtividade de milho-verde. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 19(2)201-6, fev. 1984.

MOLL, R.H. & KAMPRATH, E.J. Effects of population density upon agronomic traits associated with genetic increases in yield of *Zea mays*. **L. Agron. J.**, 69: 81-4, 1977.

NOVAIS, R.F. de; BRAGA, J.M.; GALVÃO, J.D. & GOMES, F.R. Efeitos do nitrogênio, populações de plantas e híbridos sobre a produção de grãos e sobre algumas características agrônomicas da cultura do milho. **Experientiae**, Viçosa, **12**:341-81, 1971.

PORTO, E.R. & SILVA, A. de S. **Manejo de Solo e Água para o Trópico Semi-Árido: alternativas técnicas e transferência de tecnologia.** Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1982. n.p. Trabalho apresentado no 10º Congresso Piauiense de Irrigação e Drenagem, Teresina, Junho, 1982.

QUEIROZ, F.A.N. **Reorientação da agropecuária do semi-árido do nordestino.** Fortaleza, BNB-ETENE/FUNDECI, 1984. 17p. (BNB. Estudos Econômicos e Sociais, 30).

SILVA, A. de S.; PORTO, E.R.; BRITO, L.T. de L. & MONTEIRO, M.A.R. Captação de água de chuva "in situ". I. Comparação de métodos na região semi-árida brasileira. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM 7, **Anais...** Brasília, ABID, 1986. v.3, p.1019-36.

SUZIN, N.E. **Avaliação das influências de dois tipos de solo e suas disponibilidades de água sobre o rendimento de cultivares de milho, densidades de plantas e adubação nitrogenada.** Porto Alegre, UFRS, 1970. Tese Mestrado.

VIEGAS, G.P., ANDRADE SOBRINHO, J. & VENTURINI, W.R. Comportamento dos milhos H-6999, Asteca e Catêto, em três níveis de adubação e três espaçamentos, em São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 22(18): 201-36, 1963.

Revisão Editorial: Maria do Socorro Amorim Gomes

Composição: Ana Maria Vasconcelos Mendes

Arte-final: José Clétis Bezerra

Normatização bibliográfica: SID/CPATSA

Foto da Capa: Francisco Lopes Filho