

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "IN SITU", III.
DENSIDADE DE MILHO¹

Marco Almiro Resende Monteiro²

Aderaldo de Souza Silva²

Luiza Teixeira de Lima Brito³

Everaldo Rocha Porto⁴

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 do 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.

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

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

³ Enga. Agrícola, EMBRAPA-CPATSA.

⁴ 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 spacing, 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 8,0m².

TABELA 1. Características físicas do solo da área experimental.

Profundidade	Textura (%)			Densidade Aparente(g/cm ³)	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 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.¹

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

¹Médias 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.

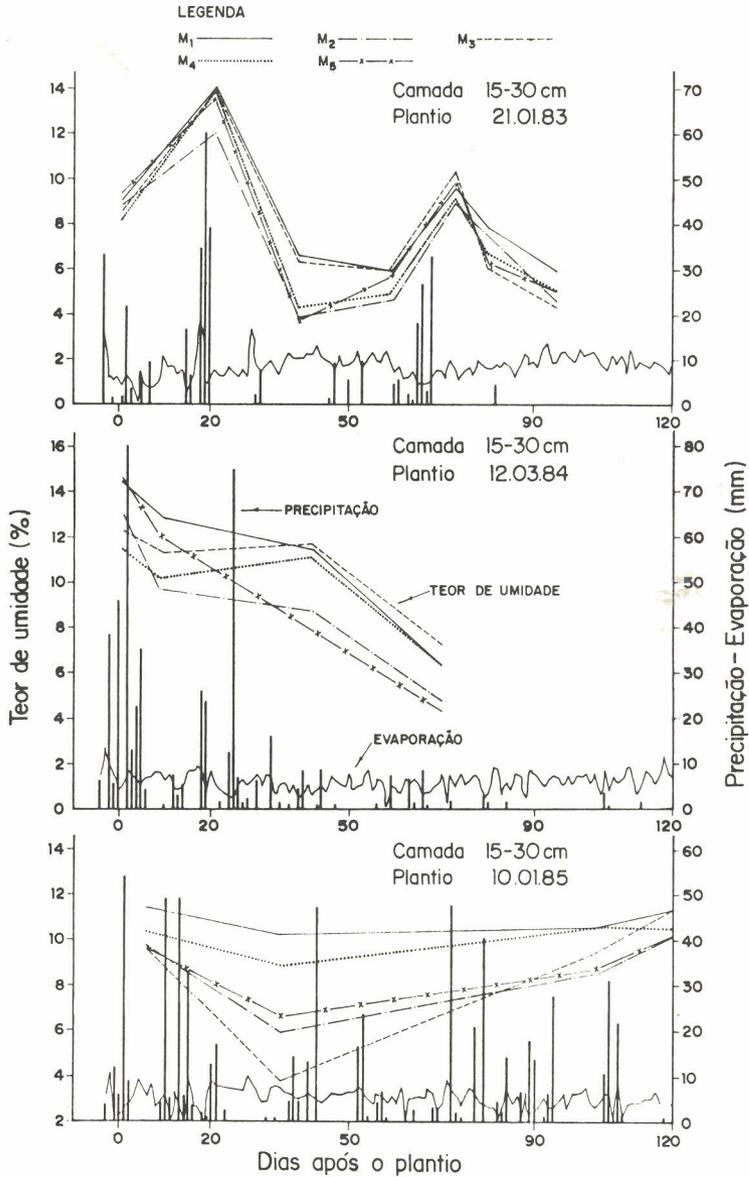


FIG. 1. Distribuição de umidade do solo (%), precipitação e evaporação (mm) em densidade de plantas de milho com captação de água de chuva "in situ".

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 à 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 $PROD = -6082,554 - 0,067 POP + 7,951 PREC + 61,048 EST + 0,00012 PCP \times PREC$ ($r^2 = 0,84$) 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.