

EFEITO DO POTENCIAL MATRICIAL DA ÁGUA DO SOLO SOBRE DIFERENTES DENSIDADES E ÉPOCAS DE PLANTIO NA CULTURA DO MILHO
(Zea mays L.)

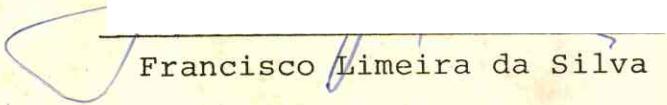
FRANCISCO LIMEIRA DA SILVA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À APRECIAÇÃO DO CURSO
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO
REQUESITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

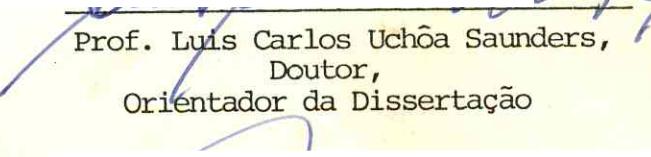
Fortaleza - 1988

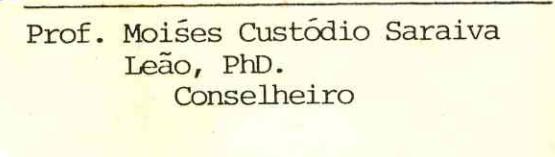
Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Agronomia com Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, outorgada pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

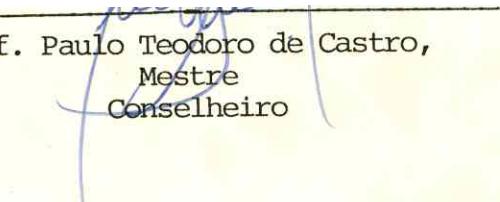
A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas de ética científica.


Francisco Limeira da Silva

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 02 / 09 / 88


Prof. Luis Carlos Uchôa Saunders,
Doutor,
Orientador da Dissertação


Prof. Moisés Custódio Saraiva
Leão, PhD.
Conselheiro


Prof. Paulo Teodoro de Castro,
Mestre
Conselheiro

Aos meus pais AGOSTINHO E MARIA DE LOURDES

e

Aos meus sogros VIEIRA E GLORINHA

Minha Gratidão

A minha esposa

TERCIA

e aos meus filhos

TIAGO E FELIPE

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À DEUS, fonte inestimável de luz e, sempre presente nos momentos difícieis.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela oportunidade e apoio financeiro recebidos.

Ao Prof. Luis Carlos Uchôa Saunders, pela preciosa orientação, dentro de um clima de amizade, essencial para o sucesso deste trabalho.

Ao Prof. Moisés Custódio Saraiva Leão, pela sua dedicação junto à Coordenação do curso e pelas sugestões apresentadas, as quais, muito contribuiram para o êxito deste trabalho.

Ao Prof. Paulo Teodoro de Castro, pela amizade e sugestões dadas e introduzidas neste trabalho.

À Biblioteca da EPACE, na pessoa de Maria do Socorro Prado Carvalho Lopes, pelo empenho na busca de publicações científicas revisadas neste trabalho.

Aos Colegas do curso pelo apoio e companheirismo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela ajuda concedida.

Aos professores e funcionários do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará em especial ao Prof. Francisco Marcus Lima Bezerra pela colaboração despretenciosa.

SUMÁRIO

<u>LISTA DE TABELAS</u>	vii
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	x
<u>RESUMO</u>	xiv
<u>ABSTRACT</u>	xv
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	01
2. <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	03
2.1. Parâmetros de irrigação da cultura do milho ..	03
2.2. Densidade de plantio	08
2.3. Época de plantio	12
3. <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	14
3.1. <u>Características da área do experimento</u>	14
3.1.1. Análises físico-hídricas e químicas	16
3.2. <u>Descrição dos tratamentos e delineamento experimental</u>	16
3.3. <u>Modelo matemático do delineamento experimental e hipóteses testadas</u>	22
3.4. <u>Atividades de campo</u>	24
3.4.1. Preparo do solo	24
3.4.2. Plantio	27
3.5. Distribuição e aplicação d'água	28
3.6. Tratos culturais	29
3.7. Colheita	30
4. <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	31
4.1. <u>Parâmetros de irrigação</u>	31
4.2. <u>Análise estatística da produção</u>	32
4.2.1. Efeito dos níveis de irrigação na produção de espiga sem palha e de grão	35

4.2.2. Efeito da densidade de plantio na produção de espiga sem palha	37
4.2.3. Efeito da densidade de plantio na produção de grão	45
5. <u>CONCLUSÕES</u>	51
6. <u>RECOMENDAÇÕES</u>	53
7. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	54
<u>APÊNDICE</u>	59

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>		<u>Página</u>
1	Dados agrometeorológicos da Fazenda Experimental Vale do Curu-Pentecoste-Ce., período de 1966/1984.	15
2	Características físicas e químicas do perfil do solo aluvial eutrófico - Pentecoste-Ce.	21
3	Valores médios dos elementos básicos de irrigação das 4 populações de plantas em 3 diferentes épocas de plantio.	33
4	Resultados das análises de variância dos parâmetros produção de espiga sem palha (X_1), produção de grãos (X_2), peso de 100 sementes (X_3), produção de grão/planta (X_4), percentual de grão na espiga sem palha (X_5) e percentual de sabugo na espiga sem palha (X_6).	34
5	Produção média de espiga sem palha (kg/ha) em 4 níveis de irrigação. Médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio.	37

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
6 Produção média de grão (kg/ha) em 4 níveis de irrigação. Médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio.	37
7 Médias de produção de espiga sem palha em kg/ha e em valores relativos nas densidades por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação.	41
8 Médias de produção de espiga sem palha (kg/ha) nas épocas de plantio por densidade. Médias de 4 níveis de irrigação.	44
9 Médias de produção de grão em kg/ha e em valores relativos nas densidades por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação .	47
10 Médias de produção de grão(kg/ha) nas épocas por densidade de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação.	50
A.1 Médias do peso de 100 sementes(g) nos níveis de irrigação em cada época de plantio. Médias de 4 densidades.	61

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
A.2 Médias do peso de 100 sementes (g) nas épocas de plantio por nível de irrigação. Médias de 4 densidades.	63
A.3 Médias do peso de 100 sementes (g) nas densidades por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação.	64
A.4 Médias do peso de 100 sementes (g) nas épocas de plantio por densidade. Médias de 4 níveis de irrigação.	66
A.5 Médias de produção de grão/planta (g) nos 4 níveis de irrigação. Médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio.	68
A.6 Médias de produção de grão/planta (g) nas densidades por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação.	69
A.7 Médias de produção de grão/planta (g) nas épocas de plantio por densidade. Médias de 4 níveis de irrigação.	71

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Curvas características da Água do solo aluvial eutrófico em Pente-coste-Ce, nas profundidades de 15 e 45 cm.	20
2	Representação esquemática da distribuição aleatória dos tratamentos no campo e da localização das baterias de tensiômetros.	25
3	Detalhe de uma subsubparcela....	26
4	Produções de espiga sem palha e de grão em cada nível de irrigação I_1 , I_2 , I_3 e I_4 , correspondentes aos potenciais matriciais de $-0,5$, $-0,6$, $-0,7$ e $-0,8$ atm, respectivamente. Médias de 3 épocas de plantio e 4 densidades.....	38
5	Histograma das produções de espiga sem palha e grão em cada nível de irrigação I_1 , I_2 , I_3 e I_4 , correspondentes aos potenciais matriciais de $-0,5$, $-0,6$, $-0,7$ e $-0,8$ atm, respectivamente. Médias de 3 épocas de plantio e 4 densidades.	39

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
6 Produção de espigas sem palha, em cada época (E) e densidade de plantio D_1 , D_2 , D_3 e D_4 , correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas/metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.	42
7 Histograma das produções de espigas sem palha em cada época (E) e densidade de plantio D_1 , D_2 , D_3 e D_4 , correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas/metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.	43
8 Produção de grão em cada época (E) e densidade de plantio D_1 , D_2 , D_3 e D_4 , correspondentes a 3, 4, 5, e 6 plantas/metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.	48
9 Histograma das produções de grão em cada época (E) e densidade de plantio D_1 , D_2 , D_3 e D_4 , correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas / metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.	49

<u>Figuras</u>	<u>Página</u>
A.1 Peso de 100 sementes em cada época (E) e nível de irrigação I_1 , I_2 , I_3 e I_4 correspondentes aos potenciais matriciais de -0,5, -0,6, -0,7 e -0,8 atm, respectivamente. Média de 4 densidades de plantio.	62
A.2 Peso de 100 sementes em cada época (E) e densidade de plantio D_1 , D_2 , D_3 e D_4 correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas por metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.	65
A.3 Produção de grão por planta em cada nível de irrigação I_1 , I_2 , I_3 e I_4 correspondentes aos potenciais matriciais de -0,5, -0,6, -0,7 e -0,8 atm, respectivamente. Médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio.	67
A.4 Produção de grão por planta em cada época (E) e densidade de plantio D_1 , D_2 , D_3 e D_4 correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas por metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.	70

FiguraPágina

A.5 Desenho esquemático de um tensímetro instalado no solo.

72

RESUMO

O uso da irrigação no milho constitui-se importante fator na estabilização da produção, principalmente no Nordeste, onde as condições climáticas são adversas. Assim, a quantidade d'água necessária ao desenvolvimento da cultura aliado a outros fatores de produção constitui motivo de pesquisa permanente visando a obtenção de altas produções de grão, que possibilitem aos produtores maior retorno de capital.

Foi com este objetivo que se estudou na cultura do milho o efeito de 4 níveis de potencial matricial da água do solo (-0,5; -0,6; -0,7 e -0,8 atm) combinados com 4 populações de plantas (35.293, 47.058, 58.823 e 70.588 plantas/ha) em três épocas de plantio (12.08; 26.08 e 09.09).

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental do Vale do Curu, no município de Pentecoste, Ceará, no período de agosto a dezembro de 1987.

O delineamento experimental usado foi o "split split plot", em blocos, com 3 repetições, com a época de plantio na parcela, o nível de irrigação na subparcela e a população de plantas na sub subparcela.

O método de irrigação utilizado foi o de sulcos fechados, em nível, e o controle das irrigações feito através de tensiômetros instalados no solo às profundidades de 15 e 45 cm.

Embora os níveis de potencial matricial (-0,5; -0,6 e -0,7 atm) não tenham diferido significativamente, as maiores médias de produção de espiga e de grão foram obtidas com o nível de irrigação de -0,5 atm, com

7.184 e 5.944 kg/ha, respectivamente.

A época de plantio não afetou significativamente as produções de espiga e de grão, no entanto foi significativo o efeito da interação época x densidade, em que a maior população, 70.588 plantas/ha, tomando-se as médias de 3 épocas de plantio e 4 níveis de irrigação, foi a que promoveu as maiores produções, com 7.974 e 6.652 kg/ha para espiga e grão, respectivamente.

O % de sabugo e 0% de grão na espiga sem palha não foram afetados por qualquer nível de irrigação, época e densidade de plantio.

ABSTRACT

In order to study the effect of four levels of soil water matric potential (-0,5; -0,6; -0,7 and -0,8 atm) in combination with four plant populations (35.293, 47.058, 58.823 and 70.588 plants/ha) in three planting times (August 8th, August 26th and September 9th).

The experiment was carried out in Pentecoste County, Ceará, Brazil, from august to december of 1987.

A split split plot in randomized blocks design three times reuplicated was used with the planting time on the main plot, irrigation levels on sub plot and plant population on sub sub plot.

Irrigation was made in surface, through closed furrows and it was controled by tensiometers that were settled in the ground at 15 and 45 cm depth.

Although the matric potencial levels (-0,5; -0,6 and -0,7 atm) do not show statistically significant difference, the biggest production corn cob and grain averages were gotten with irrigation level of -0,5 atm with 7.184 and 5.944 kg/ha respectively.

Planting time did not affect corn cob and grain productions expressively. However, the effect of interaction: planting time x density was significant, where the biggest population, 70.588 plants/ha, taking the averages of 3 planting times and 4 irrigation levels showed the biggest production with 7.974 and 6.652 kg/ha to corn cob and grain, respectively.

The percentage of elder and grain in corn cob without straw were not affected by any irrigation level, planting time and density.

1 - INTRODUÇÃO

Com o crescimento em ritmo cada vez mais acelerado das populações, se faz necessário aumentar consubstancialmente a produção de alimentos para que assim, essas populações possam ser convenientemente alimentadas. Contudo os recursos naturais não são ilimitados, havendo necessidade de se melhorar a tecnologia de produção, a fim de serem evitadas constantes ampliações nas fronteiras agrícolas.

O milho como parte integrante desses alimentos é reconhecidamente um cereal de alto valor nutritivo, entretanto seu cultivo no país é evidenciado nas áreas caracterizadas por populações de baixa renda, sem o menor nível tecnológico de produção.

No Brasil, a cultura do milho, ainda que ocupe a maior área cultivada entre os produtos agrícolas, tem apresentado produtividade muito baixa, com índices de evolução muito lentos. Os mais altos rendimentos são conseguidos na região sul, com uma produtividade média atingindo os 2.300 kg/ha. Enquanto a média nacional apresenta-se em torno de 1.700 kg/ha. Na região Nordeste, onde as irregularidades das precipitações impedem com frequência o desenvolvimento da cultura, o rendimento médio não ultrapassa os 800 kg/ha. (EMBRAPA/EMBRATER, 1977).

O atual quadro é resultante das poucas investigações, principalmente no campo da irrigação, o que torna a cultura pouco competitiva nas áreas irrigadas. Daí a necessidade de pesquisas a fim de gerar tecnologias capazes de possibilitarem à cultura o desenvolvimento do seu potencial de produção.

O uso da irrigação no milho constitui-se impor-

tante fator na estabilização da produção, principalmente no Nordeste, onde as condições climáticas são adversas. Para que isso se caracterize em bases racionais são indispensáveis estudos de consumo de água e manejo da cultura. Isso se justifica haja vista a extraordinária importância deste cereal no país e a necessidade inadiável de aumentar a oferta do mercado interno e geração de excedentes exportáveis.

Diante do exposto, pretende-se com este trabalho definir para o período de estiagem a época de plantio, o nível de irrigação e a população de plantas, em que, esses fatores agindo isoladamente ou através de interações entre si promovam maiores produções à cultura do milho. Portanto, foram combinados 3 épocas de plantio, com 4 níveis de potencial matricial e 4 densidades de plantio.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de testar os fatores ambientais que afetam o crescimento e desenvolvimento das espigas em plantas de milho. Segundo FLESCH (1978), destes fatores, os que estão mais associados ao rendimento da cultura do milho são a população de plantas, a água e a radiação luminosa. SANTOS (1986), afirma que os fatores mencionados por FLESCH (1978), aliados à escolha da época de plantio, certamente busca-se adequar o período de desenvolvimento da cultura às disponibilidades naturais daqueles fatores. Contudo, desde que os limites para o período de plantio são definidos pela disponibilidade de água, o uso da irrigação torna estes limites mais flexíveis.

2.1. Parâmetros de Irrigação da Cultura do Milho

A deficiência de umidade prejudica o desenvolvimento da futura espiga, desde as fases iniciais de sua diferenciação. De acordo com SLATYER (1969), a partir do estádio de iniciação da espiqueta à fertilização dos óvulos, um número de processos associados ao desenvolvimento da inflorescência são sensíveis ao estresse hídrico, e assim podem causar uma redução no número de grãos por espiga, ou mesmo no número de espigas férteis.

A velocidade de extração da água do solo pelas raízes e a velocidade da perda d'água através da transpiração são considerados parâmetros relevantes na determina-

ção do grau de déficit hídrico (FLINN, 1971). O autor afirma ainda que à medida que diminui a umidade na zona das raízes, o potencial decresce até atingir um ponto onde as raízes não mais podem extrair água do solo com a rapidez suficiente para atender as necessidades de transpiração das plantas, quando então murcham.

O sistema solo-água-planta-atmosfera pode ser representado por modelos de diferentes níveis de complexidade, em que um dos componentes de maior sensibilidade é a água, de forma que sua disponibilidade para as plantas determina em grande escala a resposta em desenvolvimento e rendimento das culturas.

Para HILLEL (1971) o conceito de disponibilidade de água para as plantas é em essência a adequação entre a velocidade de fluxo de água no solo, próximo às raízes e a perda por transpiração através da cobertura foliar. Ademais a velocidade de fluxo d'água no solo está determinada tanto por suas características condutivas, como por gradientes de potencial hídrico que se estabelece entre o solo e a interface solo-raiz. Por outro lado, a velocidade com que as plantas perdem água está determinada pela demanda evaporativa da atmosfera, que é função das condições reinantes em um dado momento.

Em trabalhos desenvolvidos em Dakota, Alabama e Porto Rico, com a finalidade de determinar o uso consuntivo da cultura do milho, durante todo o ciclo, SHAW (1977) cita que foram encontrados valores que variaram de 420 a 560 mm.

KAYUMOV (1983) determinou equações através de dados agrometeorológicos que possibilitaram o cálculo do consumo de água pelo milho nas seguintes fases do seu ciclo: da semeadura à germinação; da germinação ao aparecimento de 3 a 4 folhas; de 3 a 4 folhas até 8 folhas; de 8 folhas ao pendoamento; do pendoamento à floração; da floração à formação de grãos; da formação de grãos ao re-

vestimento de cera nestes; do revestimento de cera a totalmente maduro e encontrou os respectivos valores: 38,4 mm; 51,2mm; 90,6mm; 146,4mm; 32,4mm; 80,8mm e 53,8 mm, sendo o consumo total de 580mm.

FLESCH (1978) cita que vários autores impuseram deficiência de umidade até o ponto de murcha no período vegetativo, na floração e no estádio de desenvolvimento da espiga. Puderam verificar que todos tratamentos reduziram significativamente o rendimento de grãos, onde a deficiência na floração foi a mais severa, reduzindo em 50% a produção de grãos.

Testando doze cultivares de milho ao déficit hídrico, ESPINOZA (1982) observou que as de menor potencial sob condições de irrigação foram as que sofreram maior redução no rendimento sob condições de estresse, o que diminuiu a área foliar, número de espigas por planta e peso de grãos por espiga, embora, estes efeitos não tenham sido estatisticamente significativos. Observou ainda que não houve diferença significativa entre as cultivares quanto à distribuição radicular. Em todas elas, 60 a 80% do peso radicular foi encontrado na primeira camada do solo. Não foi detectado efeito do déficit hídrico sobre o desenvolvimento das raízes, indicando que a densidade radicular pode não ser um bom parâmetro para estimar a resposta ao déficit hídrico.

GUROVICH & BAERWALD (1980) estudaram o efeito de diferentes regimes de irrigação no milho e encontraram que, quando submetido ao estresse hídrico severo, tanto o rendimento como o índice de área foliar, a matéria seca total, a evapotranspiração e a eficiência de uso-consumo da água de irrigação se mostraram bem inferiores em relação ao que foi cultivado em condições de maior disponibilidade de água no solo. O rendimento de grãos para os tratamentos em que a aplicação d'água atendeu a demanda da cultura, bem como para os que foram irrigados com excesso

teve um aumento significativo que foi função direta do aumento da evapotranspiração, que afetou o índice de área foliar e assim, incrementou a matéria seca. Afirma ainda que a eficiência ótima de irrigação em relação a produção foi maior para o tratamento de irrigação deficitária, indicando que é possível cultivar o milho sob condição de umidade abaixo da requerida pela cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por BENNETT & HAMMOND (1983) no sudeste dos Estados Unidos quando observaram o comportamento de alguns genótipos de milho submetidos ao estresse hídrico durante o crescimento vegetativo.

BARBOSA (1983) cita que o milho é exigente em água devido a sua apreciável área foliar. Nas horas mais quentes do dia a transpiração se intensifica e as raízes não conseguem repor imediatamente as necessidades de água dos tecidos, caracterizando-se um estresse hídrico na planta. Dependendo da duração do estresse, podem ocorrer bloqueios de vários processos metabólicos, refletindo-se na queda de produção.

MBAGWU & OSUIGWE (1985) estudaram o efeito de 4 níveis de irrigação com 4 intervalos de rega no milho, em estufa, e observaram maior crescimento de plantas quando irrigadas diariamente com uma lâmina d'água equivalente a 75% da capacidade de campo. Por outro lado, os maiores rendimentos de grãos e uma ótima eficiência de uso d'água foram obtidos quando a irrigação era feita com a lâmina equivalente a 100% da capacidade de campo em intervalos de 2 dias. Já as irrigações realizadas com as quantidades d'água equivalentes a 50 e 25% da capacidade de campo nos intervalos de 3 e 4 dias provocaram estresse hídrico com consequente decréscimo de produção. O autor ressalva, que embora este trabalho tenha sido realizado em estufa, os resultados podem contudo, ser usados como indicação em estudos de campo.

De acordo com REY & ZAMORA (1983), para uma correta ex-

ploração da técnica de irrigação na zona de Jobabo em Cuba, se recomenda a aplicação do prognóstico baseado no mé todo bioclimático, que considera duas fases para o ciclo do milho. A primeira fase é de aproximadamente 40 dias, que vai desde a semeadura até a formação de 8 a 9 folhas, com a camada ativa do solo a ser irrigada atingindo 30cm de profundidade. A segunda fase que se estende até a colheita, considera a camada ativa do solo nos limites de 50cm de profundidade. Admite que as fases mais susceptíveis do milho ao déficit hídrico são: da semeadura a germinação, na floração e na formação de grãos.

ECK (1984) citado por SANTOS (1986) verificou redução no rendimento do milho de 23% e 46% quando submetido a estresse hídrico de 2 a 4 semanas, respectivamente, durante a fase de crescimento vegetativo. Observou ainda, que 2 semanas de estresse no início e no final do mesmo período de desenvolvimento da cultura, tiveram efeitos idêntico e quando submetido ao estresse durante a fase de enchimento de grãos a produção foi reduzida de 1,2% para cada dia de estresse.

A relação entre o rendimento de milho e intervalos de rega em dois tipos de solo (Oxisol e Vertisol), é mostrado graficamente por (MILLAR, 1984). Um dia sem irrigação no oxisol (solo arenoso), chega a representar 30% de redução no rendimento. Já a variação do intervalo de irrigação no vertisol (solo argiloso) não afeta marcadamente o rendimento, o qual justifica, que isto ocorre, devido a forma da curva de retenção de umidade ser diferente para ambos os solos. Observa-se que no vertisol, alterações na umidade do solo afetam de modo mais suave a tensão com que a água está retida que no oxisol.

PASTERNAK, MALACH & BOROVIC (1985) determinaram o comportamento fisiológico e a resposta do milho em rendimento, submetido à irrigações com água salina alternadas com água pura, e irrigações contínuas de água salina, ao longo do ciclo da cultura. Constataram que ao meio dia

o potencial da água na folha, nos tratamentos irrigados ao nível de 10,5 mmohs/cm era de 0,75 MPa menor que o das plantas irrigados ao nível de 1,2 mmohs/cm. Nos tratamentos de irrigação contínuas, o rendimento de grãos era reduzido significativamente a cada incremento na concentração de sal. Observaram ainda que o aumento do estresse salino durante o estágio de crescimento, aumentou a resistência do milho à salinidade, admitindo assim, ser possível usar a água de irrigação no milho com um C.E. de 7,0 mmohs/cm para suprir até 90% das irrigações necessárias à cultura, sem causar reduções significativas no rendimento.

2.2. Densidades de Plantio

Uma planta de milho modifica seu rendimento de grãos, de acordo com a competição intraespecífica existente. A alteração do rendimento dá-se tanto pelo menor número de espigas produzidas por planta, como pela produção individual de cada espiga.

No tocante ao primeiro aspecto, dependendo do genótipo, a planta de milho pode produzir uma ou mais espigas ou mesmo nem produzir espiga viável quando cultivada em diferentes populações.

Esta variação entre genótipos foi observada por RUSSEL (1968) e SILVA (1972). Este último, ao comparar linhagens de milho de uma e duas espigas, observou que a incidência de plantas sem espigas viáveis (58.000 plantas/ha) foi de 11% nas linhagens produtoras de uma espiga causando uma redução de 10,5% no rendimento de grãos quando comparado à população de 29.000 plantas/ha. Já as linhagens produtoras de duas espigas apresentaram 3% de plantas sem espigas viáveis, não sendo suficiente para causar decréscimo no rendimento.

SUZIN (1970) em Guaíba e Vacaria, RG, conduziu um experimento com o objetivo de determinar a resposta de

dois híbridos locais submetidos à várias densidades de plantas e a altos níveis de adubação. Encontrou respostas significativas para o aumento na densidade de plantas, em que as maiores produções ocorreram nas populações de 40.000 e 50.000 plantas/ha. Observou ainda, ter havido diferença significativa para interação híbridos x densidades, nos níveis mais elevados de adubação.

TOLEDO & POMMER (1970) encontraram produção superior quando empregaram entre fileiras de plantas de milho o espaçamento de 0,83m, correspondente à população de 60.000 plantas por hectare. Admitiram que o uso de covas com mais de uma planta favoreceu a manutenção da população planejada, isto é, durante o ciclo, houve maior tombamento de plantas quando semeado em covas individuais.

STIVERS, GRIFFITH & CHRISTMAS (1971), estudando o efeito de três espaçamentos entre fileiras de plantas e duas populações no rendimento de grãos e matéria seca, em milho precoce, ciclo médio e tardio, detectaram um aumento no rendimento médio de grãos de 7,7% e 4,4% para os espaçamentos de 51 a 76cm, respectivamente, em relação ao de 120cm. A produção total de matéria seca foi de 5% e 3,4% maior naqueles espaçamentos quando comparados com o de 120cm. Já a população de 69.000 planta/ha produziu 4% mais matéria seca do que a de 54.000 plantas/ha. O rendimento do híbrido de ciclo médio foi superior aos de ciclo curto e tardio. Para os autores, altos rendimentos são conseguidos com menores espaçamentos entre fileiras de plantas, independentemente do ciclo. Esta afirmação está de acordo com (KARLEN & CAMP, 1985).

NOVAIS et alii (1971), em Patos de Minas, MG, conduziram dois ensaios com a finalidade de observar a influência da variação da população e de níveis de nitrogênio sobre a classificação de sementes de dois híbridos duplo de milho e encontraram que a produção total de sementes aumentou com a população, com produção máxima, em tor-

no de 50.000 a 70.000 plantas/ha, onde esta variação, afirma o autor, dependeu do híbrido, nível de nitrogênio e local. O percentual de sementes classificadas em peneira 22 (tamanho grande) decresceu com a população, para qualquer nível de nitrogênio, híbrido e local.

Em outros trabalhos, os autores acima observaram que híbridos recém lançados têm sido cultivados num espaçamento único recomendado. Entretanto, acreditam que o tipo de híbrido cultivado seja importante variável na determinação da população ideal.

Sugerem que sejam feitos ajustamentos através de ensaios de campo visando determinar a população de plantas e a fórmula de adubação equilibrada para cada cultivar especificamente.

SILVA (1972) em Guaiba - RS, trabalhando com diferentes densidades de plantas em seis cultivares de milho, observou que o peso médio de grãos por espiga diminuiu linearmente com o acréscimo na densidade.

GARRIDO (1976) estudando o efeito de 3 densidades de plantio no milho (40.000, 80.000 e 120.000 plantas/ha), encontrou maiores rendimentos com a população de 80.000 plantas/ha, enquanto que, com 40.000 plantas/ha detectou maior tamanho de espigas e grãos.

A produção por unidade de área - rendimento agrícola (R) é um produto do nº de plantas (p) colhidos pelo rendimento por planta (r). - $R = p.r.$

Se o rendimento por planta (r) fosse uma constante, o rendimento por unidade de área seria uma variável dependente exclusivamente do nº de plantas (p). Bastaria aumentar o nº de plantas para se obter altos rendimentos, assim, a densidade ótima coincidiria sempre com a densidade Máxima (BETANCOURT, 1974). O autor admite, contudo, que o rendimento por planta não é uma constante, e sim uma função do espaço vital destinado à cada planta e dos

fatores que a afetam e por outro lado, do seu potencial de rendimento, ou seja, sua capacidade para assimilar e converter nutrientes em produtos agrícolas que são ministrados em seu espaço vital.

BETANCOURT (1974) estudando o efeito de 5 densidades de plantio em dois níveis de adubação (NPK), no rendimento de um híbrido de milho, observou um incremento na altura de plantas buscando a luz à medida que a densidade aumentava. Não detectou efeito significativo da densidade em relação à altura de espigas e no percentual de plantas acamadas. Observou ainda, que o rendimento de grão aumentou até alcançar um ótimo entre 40.000 e 60.000 plantas/ha, para logo decrescer devido a uma redução no número e tamanho das espigas.

Embora não tenha havido efeito significativo da interação níveis de adubação x densidade de plantio, as parcelas fertilizadas apresentaram respostas máximas às densidades intermediárias e praticamente nula às extremas.

ALESSI & POWER (1975) investigaram o efeito do espaçamento no desenvolvimento fenológico de dois híbridos de milho (ciclo médio e tardio) em regiões semi-áridas e obtiveram altos índices de área foliar e maiores produções de matéria seca (pêso de folha + colmo) com populações mais elevadas. Isso se justifica, segundo o autor, pela maior quantidade de energia solar fixada nas altas densidades de plantas. A distância entre fileiras não afetou o desenvolvimento e rendimento das plantas, só ocorrendo diferença para distância entre as mesmas.

ESPINOZA et alii (1980) encontraram que, no caso do milho, as menores reduções em rendimento devido aos veranicos foram obtidos com as menores densidades de plantas. Em outro estudo o mesmo autor indica que tal fenômeno poderia ser explicado pela menor evapotranspiração relativa, observada nas menores populações.

ESPINOZA (1980b) estudando o efeito da densidade de plantio sobre as características da extração da água em diferentes camadas do solo, concluiu, que até aos 57 dias após a emergência, as características foram quase que similares para todas as camadas em relação à densidade de plantio, ainda que tenha sido consideravelmente maior nas camadas superiores. Já a partir dos 82 dias, as maior densidades começaram a mostrar uma maior extração de água em profundidade abaixo de 45cm. Observou ainda que as densidades de plantio maiores que 60.000 plantas/ha, esgotaram a água do solo mais rapidamente que as de 20.000 até 40.000 plantas por hectare.

MORGADO & MAO (1984) encontraram, em estudos realizados com milho solteiro e consorciado com caupi às várias densidades de plantas, que a maior produção de milho isolado para menor população (20.000 plantas/ha) foi obtido com uma lâmina d'água de 356mm, enquanto que, para as maiores populações (40.000 e 60.000 plantas/ha) as produções aumentaram linearmente com as lâminas d'água aplicadas, ocorrendo o mesmo com o milho consorciado, enquanto o feijão não mostrou resposta significativa.

ELSAHOOKIE & WASSOM (1984) pesquisando a influência da população de plantas no rendimento de milho, observaram decréscimos no rendimento quando a densidade aumentou de 75.000 para 90.000 plantas/ha. Com relação a produção por planta e área foliar por planta, constataram menores valores com aumento da população. Esta redução foi observada também nos tratamentos submetidos a estresse hídrico, em todas as densidades.

2.3. Época de Plantio

Em estudos realizados por LIMA et alii (1980) na

Região Norte de Minas Gerais com o objetivo de determinar o efeito da época de plantio, no período de inverno e verão, sobre o rendimento de grãos, no milho irrigado, constataram maiores produções na época de inverno, quando cultivados em 15 de maio. Enquanto no verão, os maiores rendimentos de grão ocorreram nos plantios de 15 de outubro e 19 de novembro com 7.955 e 7.365 kg/ha, respectivamente.

De acordo com PACHECO (1982) citado por SANTOS (1986) os maiores rendimentos de grãos de milho, em Dourados, MG, foram conseguidos quando semeado em 30.09.81 que floresceu na primeira quinzena de dezembro, escapando dos veranicos, que duram de 15 a 20 dias. Estes, quando coincidentes com o florescimento do milho, podem provocar acentuados prejuízos à cultura.

BEZERRA (1984), em Pentecoste-Ce, encontrou maiores produções para o caupi em condições de estresse hidrico com plantios efetuados em julho e agosto. O plantio realizado em 28 de julho promoveu maior rendimento (1.620 kg/ha) sob um potencial de água do solo de -0,40 atm.

SANTOS (1986) estudando o efeito de 4 épocas de plantio no rendimento de 4 híbridos de milho sob regime de irrigação em Pentecoste-Ce, conseguiu rendimento superior a 7.000 kg/ha com plantio efetuado entre 20 de julho e 10 de agosto. Ressalta que o híbrido Ag-162, plantado em 26 de julho e o Ag-301 em 10 de agosto atingiram produções significativas quando submetidos à potenciais matriciais de -0,54 e 0,41 atm, respectivamente.

3 - MATERIAL E MÉTODO

3.1. Características da Área do Experimento

O trabalho foi conduzido na área irrigada da Fazenda Experimental do Vale do Curu, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. Geograficamente a propriedade se encontra localizada entre os paralelos $3^{\circ}45'$ e $4^{\circ}00'$ latitude sul e os meridianos $39^{\circ}15'$ e $39^{\circ}30'$ a oeste de Greenwich, situada a uma altitude de 47m acima do nível do mar, no município de Pentecoste-Ce.

A área em estudo é caracterizada por apresentar topografia plana, com declividade não superior a 0,1%, e que corresponde na Fazenda Experimental ao plano A-T₂.

O solo é constituído de material originário de sedimentos aluvionais de decomposição recente e classificação aluvional eutrófica de textura franco arenosa. De acordo com o sistema americano de classificação, 7ª aproximação, é classificado como Typic Torrifluvente (COELHO, 1971).

O clima da região de acordo com a classificação de Koeppen é o tipo AW' (quente tropical chuvoso), isto é, clima quente e úmido, com chuvas no inverno e precipitações máximas no outono. A temperatura média é de $27,0^{\circ}\text{C}$, enquanto as médias das mínimas e máximas são de 22,1 e $32,9^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A precipitação média anual da região é de 763,9mm, apresentando a média no período chuvoso 691,1mm e média de verão 72,8mm. Na Tabela 1, apresentam-se os dados meteorológicos referentes ao período de 1966 a 1984.

TABELA 1 - Dados agrometeorológicas da Fazenda Experimental Vale do Curu - Pentecoste-Ce.
Período de 1966/1984

Meses	Temperatura do Ar						Uni- dade Rela- tiva %	Vento		Radiação solar cal/cm ²	Inso- lação (horas)	Evapo- ração (mm)	Preci- pita- (mm)	Nebu- losi- dade n/10
	Média Comp. °C	Média Max. °C	Média Min. °C	Max. Absol. °C	Min. Absol. °C	Dire- ção	Veloci- dade m/s							
Janeiro	27,8	33,8	23,0	36,8	20,2	71,3	NE	4,6	13.254	205,6	134,7	55,8	4,6	
Fevereiro	27,1	32,6	22,7	37,0	19,8	77,7	NE	4,0	11.822	166,1	93,5	115,9	5,4	
Março	26,2	31,1	22,5	36,6	20,4	84,6	NNE	2,7	12.266	144,7	60,2	183,4	6,3	
Abril	26,2	31,1	22,4	36,0	20,2	84,8	N	2,7	11.883	161,0	58,3	164,8	5,4	
Maio	26,2	31,2	21,9	36,1	19,4	83,1	N	2,6	12.442	191,0	70,2	123,2	4,8	
Junho	26,1	31,3	21,2	35,6	18,3	77,9	ESE	3,0	11.865	207,5	93,9	48,0	3,7	
Julho	26,3	32,2	21,1	36,4	16,5	72,2	ESE	3,6	12.832	231,0	127,2	31,3	3,3	
Agosto	27,1	33,9	21,6	37,0	17,3	65,6	ESE	4,4	14.271	265,6	163,1	5,3	2,5	
Setembro	27,6	34,6	22,2	37,4	19,4	64,9	ENE	5,4	14.611	257,5	166,6	8,4	2,5	
Outubro	27,8	34,8	22,5	37,6	19,0	66,2	NE	5,4	14.642	261,2	172,1	5,0	2,8	
Novembro	28,0	34,7	22,3	37,5	18,3	65,8	NE	5,3	14.312	258,1	157,4	4,9	3,2	
Dezembro	28,0	34,3	22,3	37,2	19,5	67,6	NE	4,9	14.168	243,8	152,6	17,9	3,5	
Média	27,0	32,9	22,1			73,4	NE	4,0				4,0		
									2.593,1	1.449,8	763,9			

3.1.1. Análises Físico-Hídricas e Químicas

Os resultados da análise física do solo estão representados na Tabela 2. Denota-se uma predominância da fração areia sobre as demais em magnitude que permite classificá-lo como franco arenoso.

A capacidade máxima de retenção da água no solo (CC) foi determinada nas condições locais de campo. A umidade média foi determinada gravimetricamente, e apresentou os valores de $0,289 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ e $0,275 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, para as profundidades de 15 e 45cm, respectivamente.

O ponto de murcha permanente (P.M.P.), foi determinado com o auxílio da placa de pressão utilizando-se amostras de solo saturado submetidas a uma tensão de 15 atm, que após 24 horas apresentaram um teor de umidade de $0,067 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ para profundidade de 15cm.

Na Figura 1, encontram-se as curvas características da água do solo para as profundidades de 15 e 45cm. Foram determinadas com o auxílio de tensímetros e panela de pressão para as faixas de potenciais matriciais de 0 a -0,8 atm e de -0,8 a -15 atm, respectivamente.

Os resultados da análise química apresentados na Tabela 2 mostram que o solo caracteriza-se por apresentar alto grau de fertilidade, sendo o complexo sortivo nas camadas estudadas constituído predominantemente de cálcio e magnésio trocável com saturação de base de 100%. Não apresenta alumínio trocável e o pH é neutro.

3.2. Descrição dos Tratamentos e Delineamento Experimental

Os tratamentos constituíram-se de 3 épocas de

plantio combinadas com 4 níveis de irrigação e 4 densidades de plantio. Assim cada bloco recebeu um total de 48 tratamentos, onde as combinações resultantes foram:

$E_1 I_1 D_1$	$E_1 I_4 D_4$	$E_2 I_3 D_1$	$E_3 I_2 D_1$
$E_1 I_1 D_2$	$E_1 I_4 D_2$	$E_2 I_3 D_2$	$E_3 I_2 D_2$
$E_1 I_1 D_3$	$E_1 I_4 D_3$	$E_2 I_3 D_3$	$E_3 I_2 D_3$
$E_1 I_1 D_4$	$E_1 I_4 D_4$	$E_2 I_3 D_4$	$E_3 I_2 D_4$
$E_1 I_2 D_1$	$E_2 I_1 D_1$	$E_2 I_4 D_1$	$E_3 I_3 D_1$
$E_1 I_2 D_2$	$E_2 I_1 D_2$	$E_2 I_4 D_2$	$E_3 I_3 D_2$
$E_1 I_2 D_3$	$E_2 I_1 D_3$	$E_2 I_4 D_3$	$E_3 I_3 D_3$
$E_1 I_2 D_4$	$E_2 I_1 D_4$	$E_2 I_4 D_4$	$E_3 I_3 D_4$
$E_1 I_3 D_1$	$E_2 I_2 D_1$	$E_3 I_1 D_1$	$E_3 I_4 D_1$
$E_1 I_3 D_2$	$E_2 I_2 D_2$	$E_3 I_1 D_2$	$E_3 I_4 D_2$
$E_1 I_3 D_3$	$E_2 I_2 D_3$	$E_3 I_1 D_3$	$E_3 I_4 D_3$
$E_1 I_3 D_4$	$E_2 I_2 D_4$	$E_3 I_1 D_4$	$E_3 I_4 D_4$

Onde:

E = Época de Plantio

E_1 - Corresponde a 1ª época, efetuada em 12 de agosto de 1987

E_2 - Corresponde a 2ª época, efetuada em 26 de agosto de 1987

E₃ - Corresponde a 3ª época, efetuada em 09 de setembro de 1987.

I = Níveis de Irrigação

I₁ - Tratamento de irrigação, planejado para ser irrigado quando o conteúdo de água do solo atingisse um valor de $0,162 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ na curva característica de 0-30cm, correspondente à 43% da água disponível remanescente e um potencial matricial de -0,5 atm.

I₂ - Tratamento de irrigação, planejado para ser irrigado quando o conteúdo de água do solo atingisse um valor de $0,149 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ na curva característica de 0-30cm, correspondente à 37% da água disponível remanescente e um potencial matricial de -0,6 atm.

I₃ - Tratamento de irrigação, planejado para ser irrigado quando o conteúdo de água do solo atingisse um valor de $0,140 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ na curva característica de 0-30cm, correspondente à 33% da água disponível remanescente e um potencial matricial de -0,7 atm.

I₄ - Tratamento de irrigação, planejado para ser irrigado quando o conteúdo de água do solo atingisse um valor de $0,134 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ na curva característica de 0-30cm, correspondente à 30% da

água disponível remanescente e um potencial matricial de -0,8 atm.

D = Densidade de Plantio

D_1 - Com 3 plantas por metro linear, correspondendo a uma população de 35.293 plantas por hectare

D_2 - Com 4 plantas por metro linear, correspondendo a uma população de 47.058 plantas por hectare

D_3 - Com 5 plantas por metro linear, correspondendo a uma população de 58.823 plantas por hectare

D_4 - Com 6 plantas por metro linear, correspondendo a uma população de 70.588 plantas por hectare.

O delineamento utilizado foi o "split split plot", ou parcelas sub subdivididas, disposto em blocos ao acaso, com 3 repetições, estando a época de plantio (E) na parcela, o nível de irrigação (I) na subparcela e a densidade de plantio (D) na sub subparcela.

A área total do experimento foi de 2.106,60 m^2 , incluindo as ruas. Cada bloco ocupou uma área de 648,1 m^2 nos quais estavam distribuídas as parcelas (época de plantio) com 204,00 m^2 cada. A área da subparcela (tratamento de irrigação) foi de 51,00 m^2 nestas constavam as sub subparcelas (densidade de plantio) com uma área de 12,75 m^2 cada. As Figuras 2 e 3 mostram o esquema de campo com

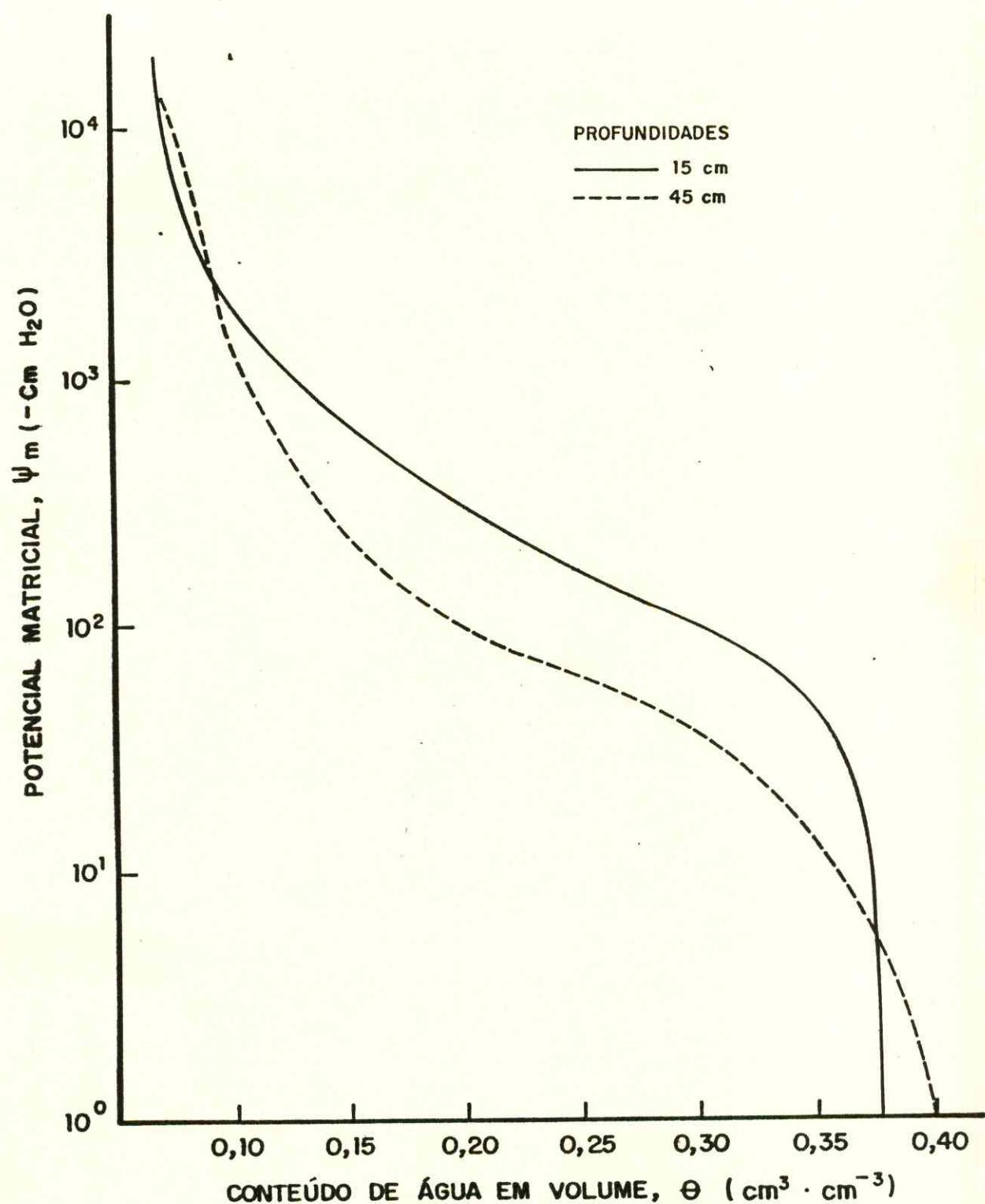


FIGURA 1 - Curvas características da água do solo aluvial eutrófico em Pentecoste-Ce, nas profundidades de 15 e 45 cm.

TABELA 2 - Características físicas e químicas do perfil do solo aluvial eutrófico - Pen
tecoste-Ce.

Símbolo	Profundidade (cm)	Camada		Composição		Granulométrica %		Classificação Textural
		Areia grossa 2-0, 2mm	Areia fina 0,2-0,5mm	Silte 0,05-0,002mm	Árgila 0,002mm			
A-T ₂	0-20	8	55	23	14	Franco arenoso		
A-T ₂	20-40	6	56	24	14	Franco arenoso		
A-T ₂	40-60	10	56	21	13	Franco arenoso		
A-T ₂	60-80	9	60	19	12	Franco arenoso		

Símbolo	Profundidade (cm)	Camada		Água útil	pH em H ₂ O	CE a 25°C Ext. Sat. mmhos/cm	Carbono %	Materia Orgânica	P Assimilável mg(100g)
		Umidade % 1/3 atm	15 atm						
A-T ₂	0-20	12,00	5,50	6,50	7,00	1,40	0,79	1,36	3,20
A-T ₂	20-40	11,00	5,10	5,90	7,00	1,40	0,55	0,95	2,50
A-T ₂	40-60	9,10	4,20	4,90	7,10	0,75	0,19	0,33	1,90
A-T ₂	60-80	7,30	4,10	3,20	7,00	0,74	0,19	0,33	2,10

Símbolo	Prof. (cm)	Camada		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	T	100% S/T = V%
A-T ₂	0-20	7,50	0,80	0,38	0,34	9,00	0,0	0,0	9,00	0,0	100	
A-T ₂	20-40	7,00	0,90	0,30	0,37	8,60	0,0	0,0	8,60	0,0	100	
A-T ₂	40-60	6,30	0,70	0,15	0,18	7,30	0,0	0,0	7,30	0,0	100	
A-T ₂	60-80	6,20	0,50	0,15	0,36	7,20	0,0	0,0	7,20	0,0	100	

Dados de análises realizados no Laboratório do C.C.A. da U.F.C.

as disposições e dimensões das unidades experimentais.

A unidade experimental constava de uma sub parcela, a qual era constituída de 5 fileiras de plantas de 3,0m de comprimento cada, distanciadas de 0,85m, que correspondia ao espaçamento entre os respectivos sulcos de irrigação. A distância entre plantas obedecia as 4 densidades de plantio, que compreendiam 3, 4, 5 e 6 plantas por metro linear. A área útil onde foram feitas as determinações compreendia as 3 fileiras centrais, deixando-se na ocasião da colheita 0,50m em cada extremidade, perfazendo uma área de $5,10 \text{ m}^2$, conforme mostra a Figura 3.

3.3. Modelo Matemático do Delineamento Experimental

O modelo matemático utilizado para o desenho experimental, foi o split split plot em blocos. Assim, cada observação pode ser descrita por:

$$Y_{ijkl} = M + T_i + B_j + E_1 + I_k + TII_{ik} + E_2 + D_l + TD_{il} +$$

$$ID_{kl} + TID_{ikl} + E_3$$

onde: M - representa o efeito da média geral

T_i - representa o efeito da época de plantio i ,

onde:

$$i = 1 - 1^{\text{a}} \text{ época}$$

$$i = 2 - 2^{\text{a}} \text{ época}$$

$$i = 3 - 3^{\text{a}} \text{ época}$$

B_j - representa o efeito do bloco j ,

onde:

($j = 1, 2, 3$)

E_1 - representa o efeito do erro na parcela

I_{ik} - representa o efeito do nível de irrigação k ,

onde:

($k = 1, 2, 3, 4$)

TI_{ik} - representa o efeito da interação da época i com o nível de irrigação k

E_2 - representa o efeito do erro na subparcela

D_l - representa o efeito de densidade l ,

onde:

($l = 1, 2, 3, 4$)

TD_{il} - representa o efeito da interação da época i com a densidade l .

TID_{ikl} - representa o efeito da interação da época i com o nível de irrigação k e com a densidade l .

E_3 - representa o efeito do erro na sub subparcela

Testaram-se as seguintes hipóteses:

H_0) $T_i = 0$ para todo $i = 1, 2, 3$
 H_1 Pelo menos um $T_i \neq 0$

2 H_0) $I_k = 0$ para todo $k = 1, 2, 3, 4$
 H_1) $I_k \neq 0$ para pelo menos um k

3 H_0) $TI_{ik} = 0$ para todo i, k
 H_1) Pelo menos um $TI_{ik} \neq 0$

4 H_0) $D_l = 0$ para todo $l = 1, 2, 3, 4$
 H_1) $D_l \neq 0$ para pelo menos um l

5 H_0) $TD_{il} = 0$ para todo i, l
 H_1) Pelo menos um $TD_{il} \neq 0$

6 H_0) $TD_{kl} = 0$ para todo k, l
 H_1) Pelo menos um $ID_{kl} \neq 0$

7 H_0) $TID_{ikl} = 0$ para todo i, k, l
 H_1) Pelo menos um $TID_{ikj} \neq 0$

3.4. Atividades de Campo

3.4.1. Preparo do Solo

Inicialmente foi feita uma aração profunda pois o solo se encontrava bastante compactado por ter sido cultivado nos anos anteriores. Em seguida fez-se uma gradagem cruzada e posteriormente o sulcamento. Após estas operações realizou-se o acabamento manual visando nivelar os sulcos e o fechamento dos mesmos nas extremidades das subparcelas.

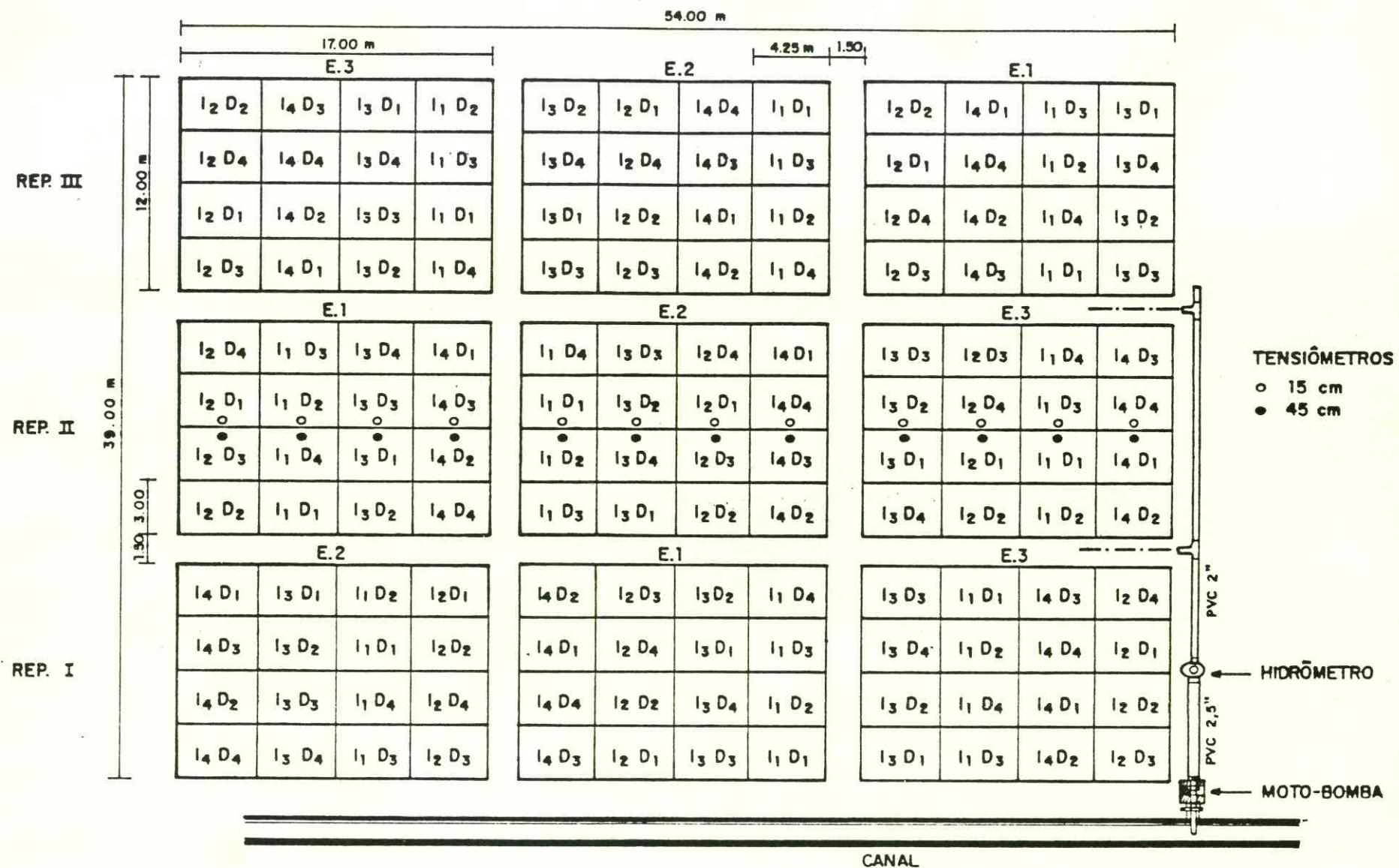
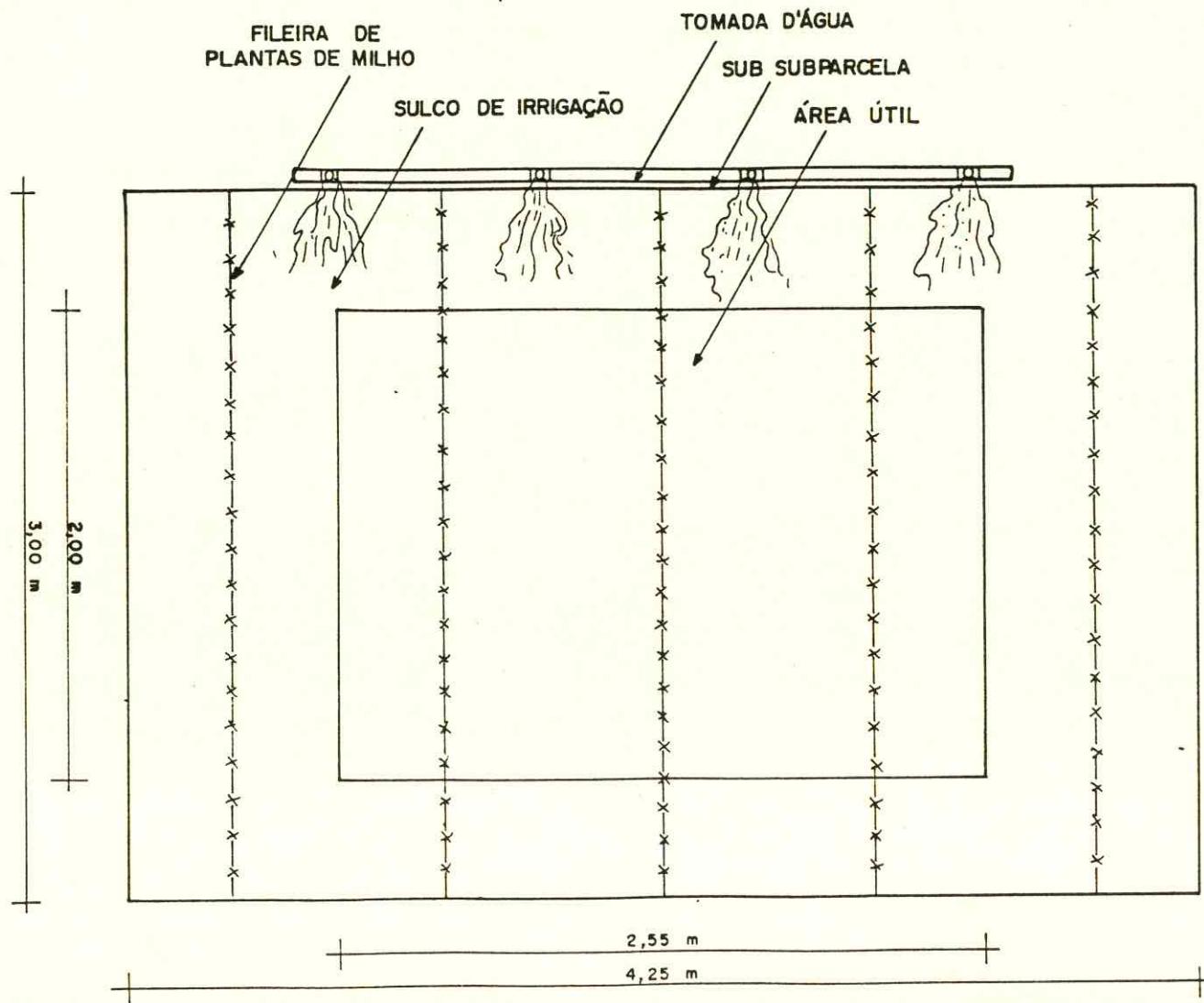


FIGURA 2 - Representação esquemática da distribuição aleatória dos tratamentos no campo e da localização das baterias de tensiômetros.

FIGURA 3 - Detalhe de uma sub subparcela



Todo o ensaio recebeu uma adubação básica de NPK na base de 180 - 240 - 120 kg/ha, que foi distribuída em sulcos abertos abaixo e ao lado das linhas de plantio. De acordo com D'ÁVILA (1983), esses níveis promoveram maiores produções à cultura do milho, o que também foi evidenciado por SANTOS (1986) na mesma cultura, usando como fontes, Uréia, Superfosfato Triplo e Cloreto de Potássio.

O nitrogênio foi aplicado em duas etapas: 1/3 na adubação de fundação juntamente com todo o fósforo e potássio e o restante aplicado em cobertura 45 dias após o plantio.

Antes do plantio realizou-se uma irrigação (pré irrigação) até uma profundidade de 0,80m visando elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo, bem como a lavagem de possíveis resíduos de sais existentes no perfil do solo e, uniformidade na germinação.

3.4.2. Plantio

O plantio foi realizado manualmente a 1/3 da parte superior do camalhão com a marcação e abertura das covas, feitas com o auxílio de instrumentos confeccionados em madeira que possibilitaram a obtenção das populações planejadas correspondentes às densidades de plantio. Colocaram-se três sementes por cova a fim de evitar falhas no estande, deixando-se apenas uma planta após o desbaste.

A cultivar usada foi a CMS-04, desenvolvida no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA e apresenta as seguintes características:

Ciclo - Precoce

Floração - 48 a 55 dias após a emergência

Altura - 2,10 a 2,20m

3.5. Distribuição e Aplicação d'água

A água para irrigação, proveniente do açude General Sampaio, é conduzida através do canal de irrigação P_1 do DNOCS até a fazenda experimental. Daí é distribuída ao canal terciário através de comportas, bombeada e conduzida por tubulações de PVC rígidas, de 2 polegadas, com engate rápido, até as parcelas.

O método de irrigação empregado foi o de sulcos fechados, em nível, sendo a distribuição da água nas parcelas feita através de uma tubulação preparada de forma a permitir irrigação em 4 sulcos simultaneamente, conforme mostra a Figura 3.

Para aferir o volume d'água aplicado, instalou-se um hidrômetro na tubulação principal.

Na implantação de cada época de plantio foram instaladas 4 baterias de 2 tensiômetros nas subparcelas da 2ª repetição. Os tensiômetros instalados a 15cm, indicavam o potencial da água do solo da camada de 0-30cm e o instalado a 45cm, o da camada de 30-60cm. As leituras nestes instrumentos eram feitas diariamente e quando o limite pré-estabelecido, correspondente a cada potencial mátrico era atingido, realizavam-se as irrigações nas três repetições. Os dados desses tensiômetros juntos com as curvas de retenção de umidade eram usados para o cálculo da lâmina d'água a ser resposta ao solo.

As irrigações eram iniciadas quando a média das leituras dos tensiômetros de 0-30cm atingia na coluna de mercúrios 0,424m, 0,503m, 0,583m e 0,662m para os trata-

mentos de irrigação, I_1 , I_2 , I_3 e I_4 , que corresponde de acordo com o planejado os potenciais matriciais de -0,5 atm, -0,6 atm, -0,7 atm e -0,8 atm, respectivamente.

Na ocasião da irrigação, se a média das leituras dos tensiômetros de 30-60cm indicassem um teor de umidade abaixo da capacidade de campo, procedia-se o cálculo da lâmina total d'água a ser aplicada baseado nos dados de ambos os tensiômetros.

A Figura A.5, no Apêndice, mostra o desenho esquemático de um tensiômetro instalado no solo, onde os manômetros de mercúrio são acondicionados em cubas, a 20 cm da superfície do solo. O potencial matricial era calculado usando a expressão:

$$\Psi_m = -12,6h_{Hg} + hc + hz$$

onde:

Ψ_m = Potencial matricial, cm H_2O

h_{Hg} = Altura da coluna de mercúrio, cm

hc = Altura da cuba de vidro, cm

hz = Profundidade do tensiômetro, cm

3.6. Tratos Culturais

As capinas eram realizadas tão logo houvesse infestação de ervas daninhas. Esta operação era executada com enxada para simultaneamente recuperar os sulcos danificados e mantê-los sempre em ótimas condições de operacionalidade.

No tocante ao controle fitossanitário, antes do plantio, ainda com as covas abertas foram feitas pulverizações com CARVIM-M85 em proporção de 30 ml para 20 litros d'água a fim de controlar a lagarta Elasmopalpus lignosellus, Zeller. As demais pragas foram controladas com pulverizações semanais usando o mesmo produto com a dosagem já referida.

3.7. Colheita

As irrigações foram suspensas após 90 dias do plantio e as plantas continuaram no campo por mais 20 dias para completa secagem dos grãos.

A colheita foi parcelada, colhendo-se primeiro as plantas da área útil e posteriormente a bordadura. Foram observados os seguintes parâmetros (X_i), para cada tratamento:

X_1 = Produção de espiga sem palha (grãos + sabugo) em kg/ha.

X_2 = Produção de grão em kg/ha.

X_3 = Peso de 100 sementes, em g

X_4 = Produção de grão por planta, em g

X_5 = Percentual de grão na espiga sem palha, calculado a partir dos dados de X_1 e X_2 .

X_6 = Percentual de sabugo na espiga sem palha, calculado a partir dos dados de X_1 e X_2 .

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros de Irrigação

Apesar das irrigações terem sido suspensas com 90 dias a contar do plantio, os tratamentos, somente foram irrigados por um período de no máximo 78 dias, conforme pode ser visto na Tabela 3. Isso porque os tensiômetros foram instalados somente após 6 dias do replantio em cada época. Este processo visava a manutenção do estande e consequentemente uma uniformidade de extração d'água pelas plantas. A partir daí começou a diferenciação das irrigações para cada nível de potencial matricial.

O nível de irrigação I_1 , cujo o nível mínimo de umidade na curva característica de 15 cm é de $0,162 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ caracteriza um estado de energia da água no solo correspondente a um potencial matricial de $-0,5 \text{ atm}$, o qual representou um consumo d'água durante o ciclo da cultura de 696, 654 e 624 mm nas épocas E_1 , E_2 e E_3 , respectivamente. Foram realizadas 9 irrigações com turno de rega de 8 dias em cada época.

O nível de irrigação I_2 , cujo o nível mínimo de umidade na curva característica de 15 cm é de $0,149 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ caracteriza um estado de energia da água no solo correspondente a um potencial matricial de $-0,6 \text{ atm}$, o qual representou um consumo d'água durante o ciclo da cultura de 571, 502 e 564 mm nas épocas E_1 , E_2 e E_3 , respectivamente. Na E_1 foram realizadas 7 irrigações, na E_2 , 6 irrigações e na E_3 , 7 irrigações com turno de rega de 11, 13 e 11 dias nas respectivas épocas.

O nível de irrigação I_3 , cujo o nível mínimo de umidade na curva característica de 15 cm é de $0,140 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ caracteriza um estado de energia da água no solo

lo correspondente a um potencial matricial de -0,7 atm, o qual representou um consumo d'água durante o ciclo da cultura de 510, 424 e 425 mm nas épocas E_1 , E_2 e E_3 , respectivamente. Na E_1 foram realizadas 6 irrigações, na E_2 , 5 irrigações e na E_3 , 5 irrigações, com turno de rega de 13, 15 e 15 dias nas respectivas épocas.

O nível de irrigação I_4 , cujo o nível mínimo de umidade na curva característica de 15 cm é o $0,134 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ caracteriza um estado de energia da água no solo correspondente a um potencial matricial de -0,8 atm, o qual representou um consumo d'água durante o ciclo da cultura de 336, 386 e 388 mm nas épocas E_1 , E_2 e E_3 , respectivamente. Foram realizadas 4 irrigações, com turno de rega de 18 dias em cada época.

A Tabela 3 mostra ainda, que o consumo de água aumentou do nível de menor potencial matricial para o maior, ou seja, de -0,8 atm para -0,5 atm. Tal fato ocorre, segundo ARRUDA (1980), devido um maior consumo d'água pela cultura, uma vez que o estado de energia da água no solo se encontra mais favorável nas condições de potenciais mais altos. Isto é facilmente observado quando a tensão com que a água está retida no solo se encontra entre -0,1 e -0,5 atm. Nestas condições, na faixa de água prontamente disponível, admite-se a possibilidade da taxa de transpiração das plantas ser suprida pela taxa de absorção de água do solo pelas raízes, segundo teorias de HILLEL (1971) e REICHARDT (1975).

4.2. Análise Estatística da Produção

A Tabela 4, mostra as causas da variação dos fatores estudados, representados pelos valores de F em cada parâmetro observado, ao nível de 5% e 1% de significância.

TABELA 3 - Valores médios dos elementos básicos de irrigação das 4 populações de plantas em diferentes épocas de plantio

Épocas de Plantio	Níveis de Irrigação		θ Crítico		Lâmina Aplicada (mm)	Turno de Rega (dia)	Nº de Irrigação	Dotação Diária (mm)	Eficiência considerada %	
	15 ψ m (atm)	45	15 (cm ³ .cm ⁻³)	45						
E ₁	I ₁	-0,497	-0,147	0,163	0,169	696,0	8	9	7,73	90
	I ₂	-0,607	-0,147	0,150	0,169	571,0	11	7	6,35	90
	I ₃	-0,716	-0,142	0,137	0,172	510,0	13	6	6,22	90
	I ₄	-0,787	-0,130	0,135	0,177	336,0	18	4	3,73	90
E ₂	I ₁	-0,503	-0,115	0,162	0,184	654,0	8	9	7,26	90
	I ₂	-0,617	-0,164	0,149	0,164	502,0	13	6	5,57	90
	I ₃	-0,702	-0,151	0,141	0,168	424,0	15	5	4,71	90
	I ₄	-0,801	-0,274	0,134	0,140	386,0	18	4	4,29	90
E ₃	I ₁	-0,507	-0,103	0,161	0,195	624,0	8	9	6,93	90
	I ₂	-0,607	-0,142	0,150	0,172	564,0	11	7	6,27	90
	I ₃	-0,699	-0,155	0,142	0,167	425,0	15	5	4,72	90
	I ₄	-0,796	-0,314	0,135	0,138	388,0	18	4	4,31	90

TABELA 4 - Resultados das análises de variância dos parâmetros produção de espiga sem palha (X_1), produção de grãos (X_2), peso de 100 sementes (X_3), peso de grão por planta (X_4), percentual de grão na espiga sem palha (X_5) e percentual de sabugo na espiga sem palha (X_6).

Causas da Variação	Valores de F					
	Espiga s/ palha (X_1)	Prod. de grãos (X_2)	100 sementes (X_3)	Grão por planta (X_4)	% de grão (X_5)	% de sabugo (X_6)
Época	0,98330 ns	2,84320 ns	10,29331*	4,54783 ns	3,80130 ns	0,43999 ns
Bloco	8,2887	15,74672	43,33388	16,84325	10,35862	1,13359
CV (%)	24,74	19,11	15,46	16,33	8,93	93,6
Irrigação	10,16906**	13,93022**	22,03913**	13,33727**	3,15124 ns	1,02001 ns
E x I	0,87917 ns	1,20966 ns	11,32595**	1,43345 ns	1,55181 ns	1,04281 ns
CV (%)	17,34	16,13	4,10	15,67	4,31	82,3
Densidade	90,97988**	79,33929**	6,45565**	34,35271**	0,76324 ns	0,88754 ns
E x D	3,66763**	2,84006**	5,49034**	2,95799*	1,63519 ns	1,25823 ns
I x D	1,93716 ns	1,61697 ns	1,20836 ns	1,64455 ns	0,68273 ns	1,10650 ns
E x I x D	1,80578 ns	1,69348 ns	1,63820 ns	1,43111 ns	0,68505 ns	1,01536 ns
CV (%)	11,17	12,06	6,0	11,87	4,27	78,4

* Significativo ao nível de 5%

** Significativo ao nível de 1%

Observa-se que o efeito da época de plantio somente foi significativo para o peso de 100 sementes (X_3), ao nível de 5%. O efeito do nível de irrigação foi significativo para produção de espiga sem palha (X_1), produção de grãos (X_2), peso de 100 sementes (X_3) e peso de grão por planta (X_4), aos níveis de 5% e 1%. Sendo não significativo para % de grão (X_5) e % de sabugo (X_6). A interação época x nível de irrigação apresentou efeito significativo apenas no peso de 100 sementes (X_3) aos níveis de 5% e 1%. A densidade mostrou efeito significativo para produção de espiga sem palha (X_1), produção de grão (X_2), peso de 100 sementes (X_3) e peso de grão por planta (X_4), aos níveis de 5% e 1%. Enquanto para % de grão e % de sabugo não apresentou diferença significativa. O efeito da interação época x densidade foi significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade para produção de espiga sem palha (X_1), produção do grão (X_2) e peso de 100 sementes (X_3) e a 5%, para peso de grão por planta (X_4). Não sendo significativo para % de grão (X_5) e % de sabugo (X_6). Os efeitos das interações: níveis de irrigação x densidade e época x nível de irrigação x densidade não apresentaram significância em nenhum dos parâmetros.

Sendo a finalidade precípua deste trabalho observar o comportamento da cultura do milho em termos de produção, serão discutidos a seguir os efeitos dos fatores sobre os parâmetros produção de espiga sem palha (X_1) e produção de grão (X_2). Os demais parâmetros, ou seja, peso de 100 sementes (X_3) e peso de grão por planta (X_4), serão discutidos no "Apêndice".

4.2.1. Efeito dos níveis de irrigação na produção de espiga sem palha e de grãos.

De acordo com a Tabela 4, as análises de variâncias

cia mostram efeitos significativos dos níveis de irrigação tanto na produção de espiga como na produção de grão. Por isso torna-se mais conveniente discutir esses efeitos nestes dois parâmetros, concomitantemente.

As Tabelas 5 e 6 mostram as produções de espigas e de grãos, respectivamente, tomadas pelas médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio. Observa-se que os níveis de irrigação I_1 , I_2 e I_3 não diferiram significativamente, embora o nível I_1 tenha mostrado rendimento de espiga e de grãos ligeiramente superior ao nível I_2 e este ao I_3 . Nota-se também que as produções diminuem à medida que o potencial da água no solo decresce, o que promoveu reduções de 1.373 e 1.193 kg/ha nos rendimentos de espiga (X_1) e de grão (X_2), respectivamente, entre o maior e o menor potencial matricial, ou seja, entre -0,5 atm e -0,8 atm. A superioridade da produção verificada nos níveis de potenciais mais altos da água no solo, se justifica, uma vez que nessas condições o solo permanece com água mais facilmente disponível para a cultura durante todo o seu ciclo, permitindo assim, um equilíbrio entre a taxa de absorção d'água pelas raízes e a transpiração.

As menores produções de espiga e de grão ocorreram no nível de potencial matricial de -0,8 atm, conforme ilustram as Figuras 4 e 5, embora alguns autores considerem que neste estado de energia, a água esteja ainda numa faixa de boa disponibilidade para as plantas. Ocorre, que sendo o milho altamente sensível ao estresse hídrico, é provável que naquelas condições a quantidade d'água no solo, disponível para a planta não atendesse plenamente à requerida para suas funções vitais.

TABELA 5 - Produção média de espiga sem palha (kg/ha) em 4 níveis de irrigação. Médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio.

Nível de Irrigação (I)				
Médias	5810 (I ₄)	6944 (I ₃)	6964 (I ₂)	7183 (I ₁)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

TABELA 6 - Produção média de grão (kg/ha) em 4 níveis de irrigação. Médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio.

Nível de Irrigação (I)				
Médias	4751 (I ₄)	5818 (I ₃)	5837 (I ₂)	5944 (I ₁)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

4.2.2. Efeito da densidade de plantio na produção de espiga sem palha

Assim como o efeito da densidade de plantio, a interação época x densidade de plantio também apresentou diferença significativa para produção de espiga sem pa-

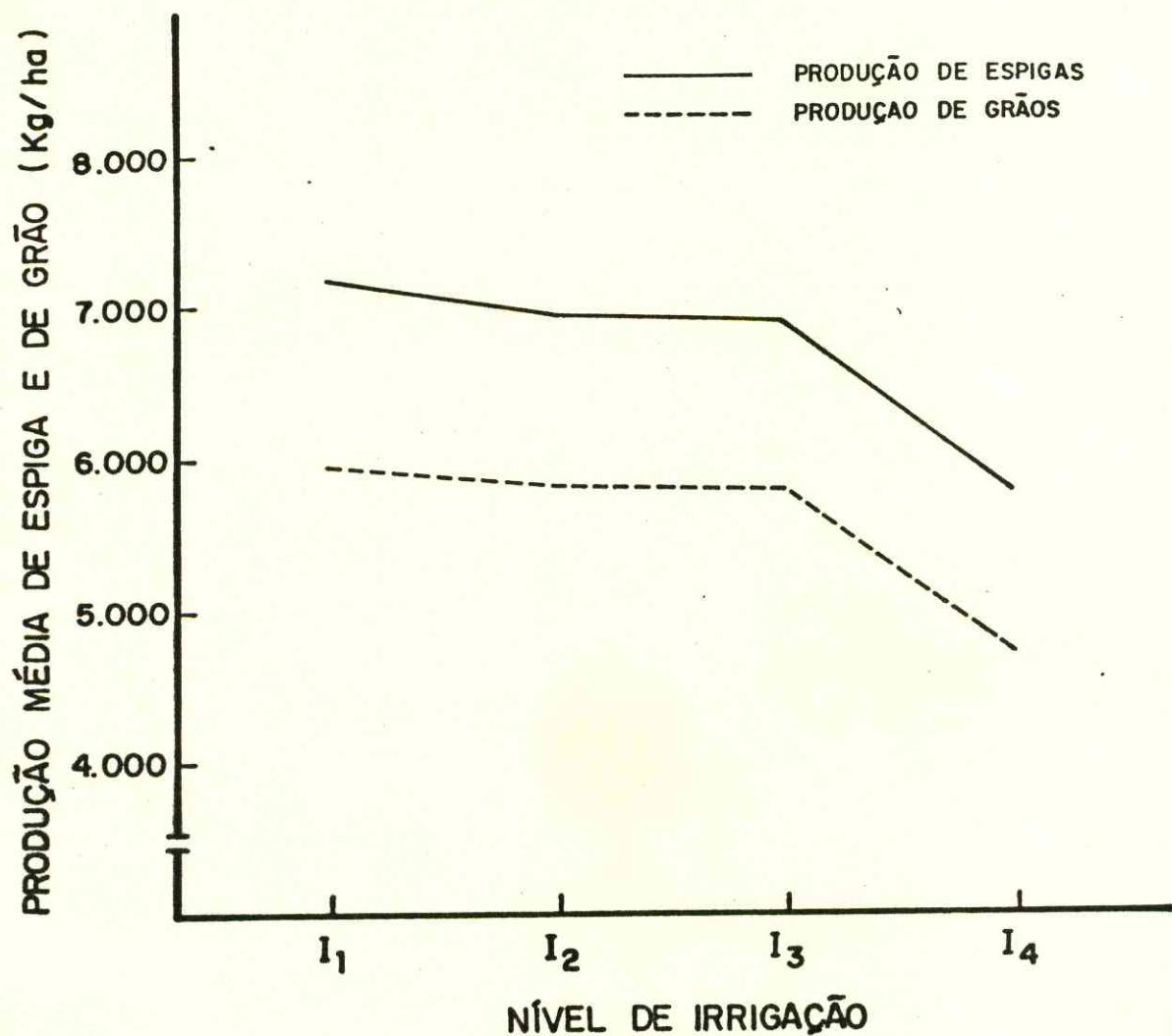


FIGURA 4 - Produções de espiga sem palha e de grão em cada nível de irrigação I₁, I₂, I₃ e I₄, correspondentes aos potenciais matriciais de -0,5, -0,6, -0,7 e -0,8 atm, respectivamente. Médias de 3 épocas de plantio e 4 densidades.

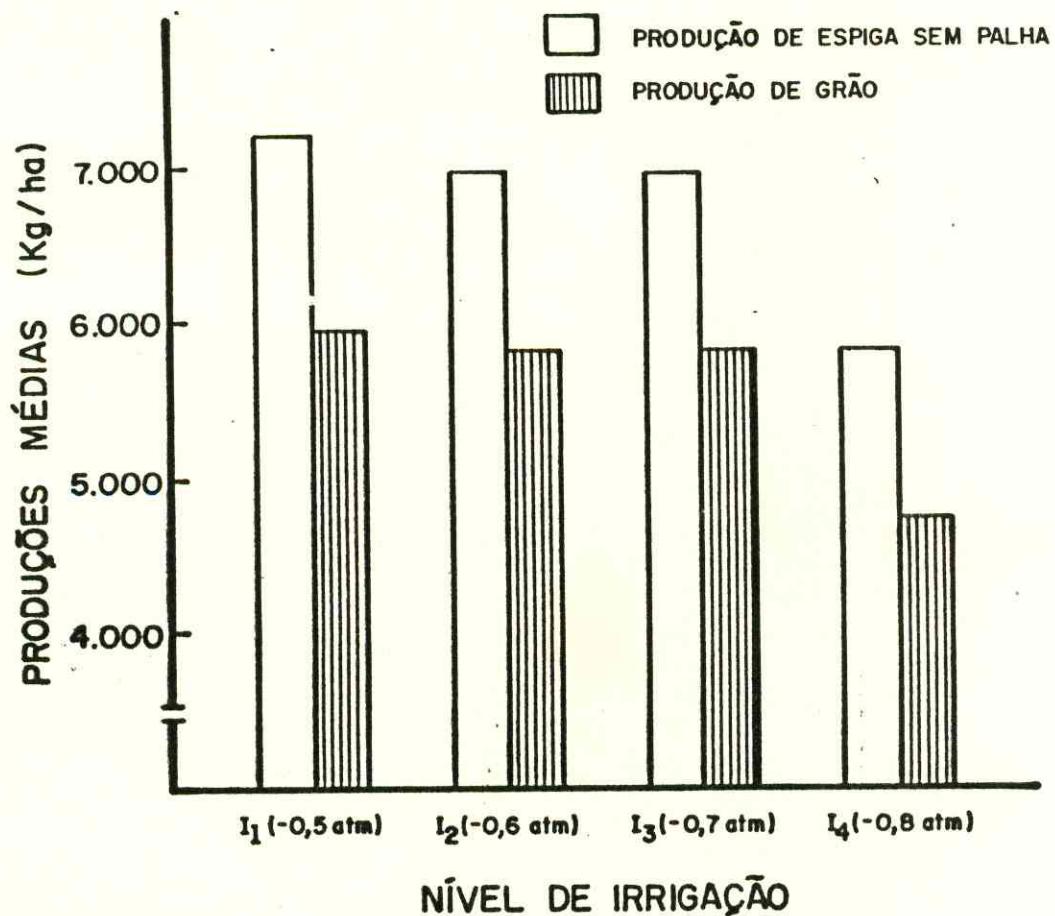


FIGURA 5 - Histograma das produções de espiga sem palha e grão em cada nível de irrigação I_1 , I_2 , I_3 e I_4 , correspondentes aos potenciais matriciais de $-0,5$, $-0,6$, $-0,7$ e $-0,8$ atm, respectivamente. Médias de 3 épocas de plantio e 4 densidades.

lha. Nesta condição, considerou-se o efeito das densidades por época de plantio e o efeito das épocas de plantio por densidade:

4.2.2.a) Análise das produções de espiga nas densidades por época de plantio

A Tabela 7 mostra as produções médias de espiga sem palha em cada época. Observa-se que o rendimento aumentou com o incremento na densidade de plantio em todas as épocas estudadas. Para época E_1 , plantio de 12.08, as produções médias de espiga nas 4 densidades, apresentaram-se estatisticamente diferentes, passando de 4.924 kg/ha na D_1 (3 plantas/m linear) para 8.083 kg/ha na D_4 (6 plantas/m linear) o que representou um acréscimo de 39%. Nota-se ainda superioridade de 8 e 23% da produção conseguida na D_4 em relação as densidades D_3 (5 plantas/m linear) e D_2 (4 plantas/m linear), respectivamente. Na época E_2 , plantio de 26.08 não foi detectada diferença significativa entre as densidades D_2 (4 plantas/m linear) e D_3 (5 plantas/m linear), contudo foi significativo o incremento na produção de espiga verificado da D_1 (5.392 kg/ha) para D_4 (7.809 kg/ha) o qual ficou ao redor de 31%. Com relação as densidades D_2 e D_3 , também foi significativo o aumento, quando passou-se destas para a D_4 , porém em menor proporção. Já para época E_3 , plantio de 09.09, as produções médias de espiga entre as densidades D_3 e D_4 foram as que se comportaram estatisticamente iguais atingindo médias de 8.000 kg/ha mas que asseguraram incrementos de 18 e 33% em relação as densidades D_2 e D_1 , respectivamente.

A superioridade detectada nas densidades mais al-

tas, dentro dos limites das populações estudadas admite-se que não seja somente uma função da maior quantidade de plantas obtidas por unidade de área em relação as densidades mais baixas, mas, sobretudo do aumento gradual da superfície fotossintética sobre o terreno, com o crescimento da população de plantas o que proporciona uma maior intercepção da energia radiante e consequente elevação no rendimento de espiga. As Figuras 6 e 7 ilustram o efeito do fator densidade na produção de espiga em cada época de plantio.

TABELA 7 - Médias de produção de espiga sem palha em kg/ha e em valores relativos nas densidades por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação.

Época	Densidade de Plantio (D)			
	(61%)	(77%)	(92%)	(100%)
E ₁	4924 (D ₁)	6185 (D ₂)	7463 (D ₃)	8083 (D ₄)
E ₂	(69%)	(82%)	(83%)	(100%)
	5392 (D ₁)	6435 (D ₂)	6461 (D ₃)	7809 (D ₄)
E ₃	(67%)	(82%)	(100%)	(100%)
	5342 (D ₁)	6568 (D ₂)	8013 (D ₃)	8030 (D ₄)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

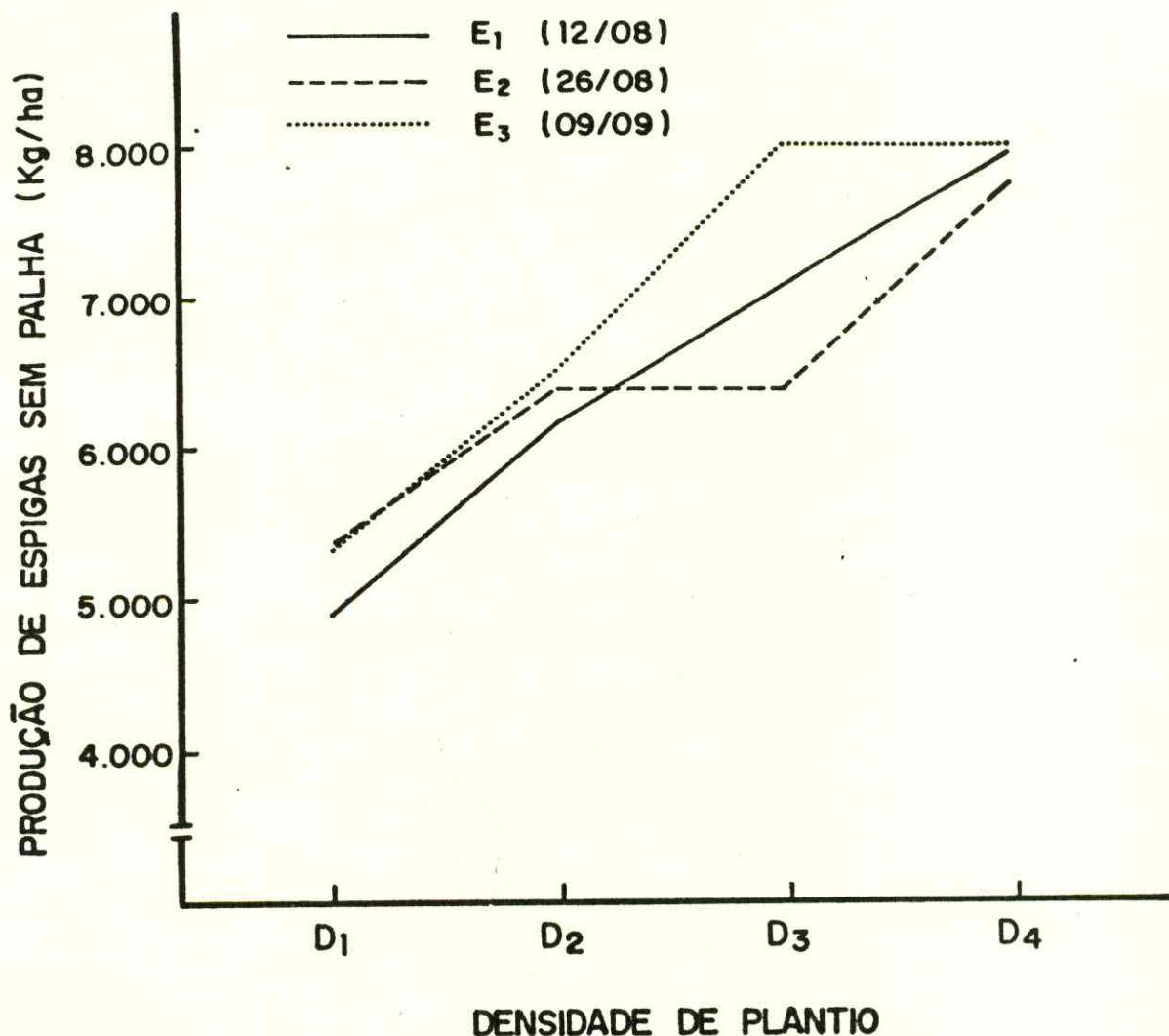


FIGURA 6 - Produção de espigas sem palha, em cada época (E) e densidade de plantio D₁, D₂, D₃ e D₄, correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas/metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.

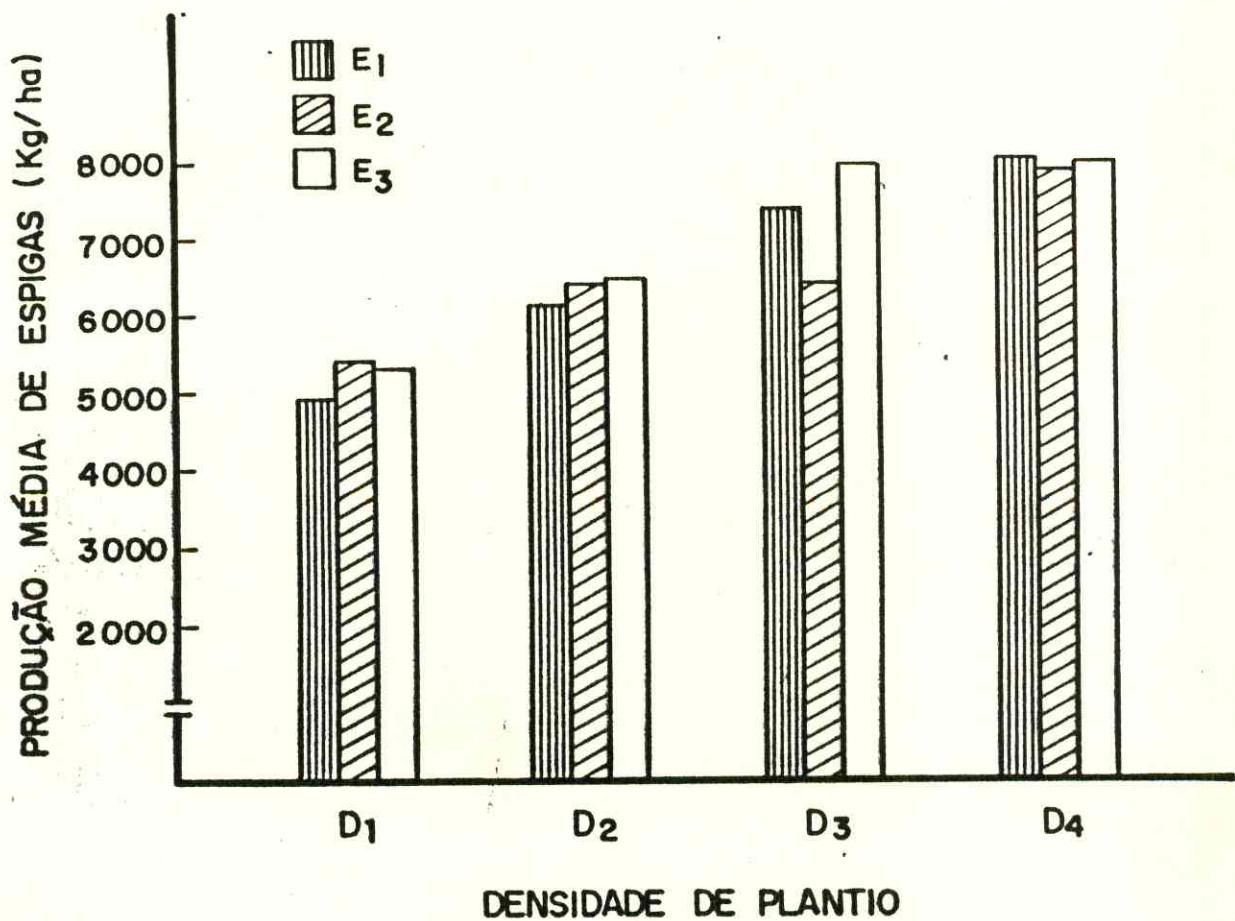


FIGURA 7 - Histograma das produções de espigas sem palha em cada época (E) e densidade de plantio D₁, D₂, D₃ e D₄, correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas/metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.

4.2.2.b) Análise das produções de espiga nas épocas, por densidade de plantio

Em nenhuma das densidades, a produção de espiga foi afetada pela época de plantio, embora com tendência a ser maior na E_3 (plantio de 09.09), conforme mostra a Tabela 8. Com base em evidências estatísticas, pode-se afirmar que a utilização de qualquer uma das populações de plantas de milho, estudadas, independe da época de sementeira em questão, que vai desde 12.08 até 09.09.

TABELA 8 - Médias de produção de espiga sem palha (kg/ha) nas épocas de plantio por densidade. Médias de 4 níveis de irrigação.

Densidade	Época de Plantio (E)		
D_1	4924 (E_1)	5342 (E_3)	5392 (E_2)
D_2	6185 (E_1)	6435 (E_2)	6568 (E_3)
D_3	6461 (E_2)	7463 (E_1)	8013 (E_3)
D_4	7809 (E_2)	8030 (E_3)	8083 (E_1)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

4.2.3. Efeito da densidade de plantio na produção de grão

As análises de variância (Tabela 4), mostram que além da densidade o efeito da interação época x densidade foi estatisticamente significativo para produção de grão. Portanto efetuou-se a comparação das médias das densidades dentro de cada época de plantio e as das épocas dentro de cada densidade:

4.2.3.a) Análise das produções de grão nas densidades por época de plantio

Para época E_1 , plantio de 12.08, as produções médias de grão foram significativamente diferentes entre as densidades e cresceram à medida que estas aumentaram, onde a densidade D_4 (6 plantas/m linear) promoveu maior rendimento (6.539 kg/ha) contra 3.868 kg/ha conseguidos na D_1 (3 plantas/m linear), representando um incremento substancial da ordem de 41%. Nas densidades D_2 (4 plantas/m linear) e D_3 (5 plantas/m linear), obteve-se produções intermediárias, que equivaleram a 79 e 90%, respectivamente, da obtida com a densidade D_4 . Com relação às épocas E_2 , plantio 26.08 e E_3 , plantio 09.09, as produções médias de grão não diferiram significativamente entre as densidades D_2 e D_3 e entre D_3 e D_4 , respectivamente. Contudo, apesar de não ter sido detectado diferença estatística entre estas médias, observa-se uma tendência da produção, também, crescer em proporção à densidade de plantio, verificando-se uma diferença média de 2.171 kg/ha, entre as densidades D_1 e D_4 , o que representa um acréscimo no rendimento de grão em torno de 32%, tomando-se como base a média das 2 épocas. O efeito das densidades na produção média de grão em cada época de plantio, representa-

das pela média de 4 níveis de irrigação é mostrado na Tabela 9 e ilustrado nas Figuras 8 e 9.

Os resultados apresentados no parágrafo acima já eram esperados, uma vez que o efeito da densidade na produção de grão foi semelhante para produção de espiga sem palha discutido no item 4.2.2. Isto é, obteve-se rendimentos mais altos de espiga à medida que se aumentou a população de plantas o que induziu maiores produções de grão. Com base nestes resultados, sugere-se, em trabalhos futuros, que sejam estudadas densidades mais altas, desde que o objetivo seja a produção de grão. Contudo, ressaltem-se que mesmo em condições ótimas de suprimento d'água e nutrientes, densidades de plantio muito elevadas podem promover decréscimos "na produção de grão" embora a "produção de biomassa" permaneça constante no teto máximo, por aumentar a competição por luz entre os indivíduos da população, conforme foi observado em estudos realizados por STIVERS et alii (1971), BETANCOURT (1974) e MAFRA (1982).

TABELA 09 - Médias de produção de grão em kg/ha e em valores relativos nas densidades, por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação.

Época	Densidade de Plantio (D)			
	(59%)	(79%)	(90%)	(100%)
E ₁	3868 (D ₁)	5134 (D ₂)	5892 (D ₃)	6539 (D ₄)
E ₂	(68%)	(80%)	(82%)	(100%)
E ₂	4542 (D ₁)	5403 (D ₂)	5478 (D ₃)	6713 (D ₄)
E ₃	(68%)	(82%)	(100%)	(100%)
E ₃	4533 (D ₁)	5532 (D ₂)	6705 (D ₄)	6709 (D ₃)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

4.2.3.b) Análise das produções de grão nas épocas, por densidade de plantio

A Tabela 10 apresenta as médias de produção de grão em kg/ha nas 3 épocas em cada densidade de plantio, sendo representadas pela média de 4 níveis de irrigação.

Na comparação das médias observa-se que para a densidade D₁ (3 plantas por metro linear), as épocas E₂ (plantio, 26.08) e E₃ (plantio, 09.09) se comportaram estatisticamente iguais com 4.542 e 4.533 kg/ha de grãos, respectivamente, contra 3.868 kg/ha obtidos na época E₁ (plantio, 12.08). Para as densidades D₂ (4 plantas por metro linear) e D₄ (6 plantas por metro linear), a época

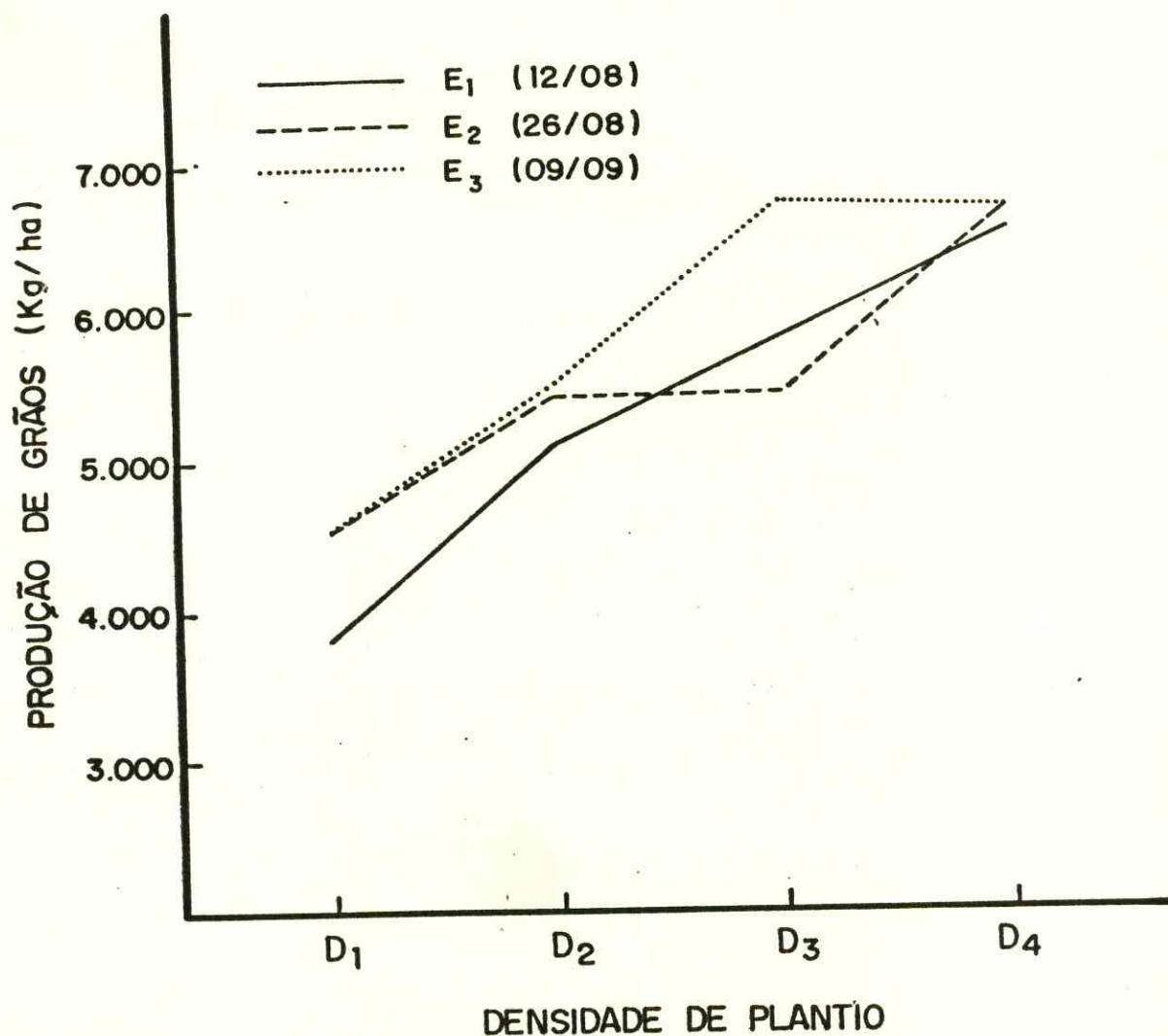


FIGURA 8 - Produção de grãos em cada época (E) e densidade de plantio D₁, D₂, D₃ e D₄, correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas/metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.

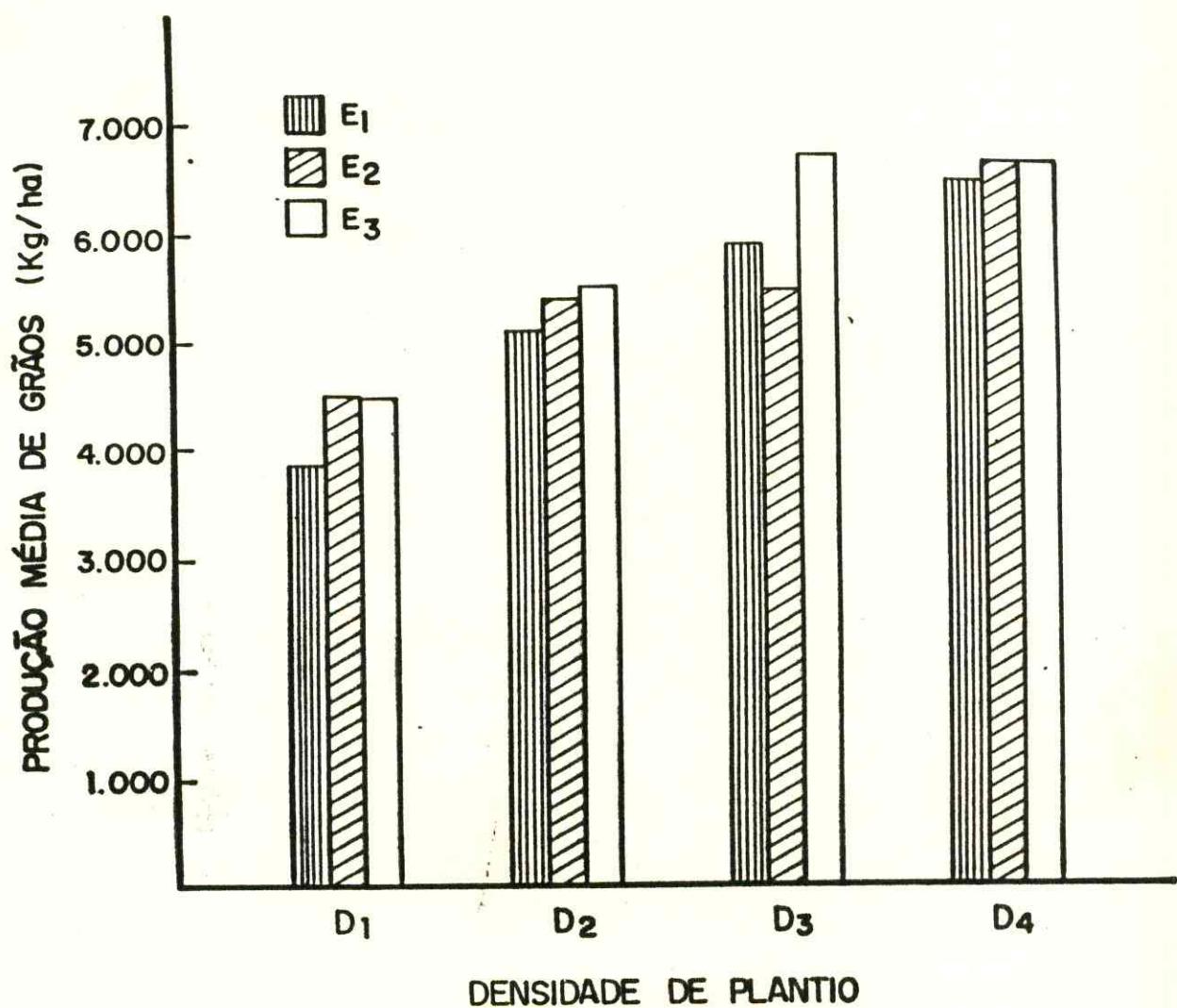


FIGURA 9 - Histograma das produções de grão em cada época (E) e densidade de plantio D₁, D₂, D₃ e D₄, correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas/metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.

não mostrou efeito significativo, embora tenha-se conseguido produções mais altas nas épocas E_2 e E_3 . Finalmente com a densidade D_3 (5 plantas/metro linear), as épocas se comportaram estatisticamente diferentes, onde a produção média na E_1 foi 5.892 kg/ha, caindo na E_2 para 5.478, e apresentando rendimento máximo na E_3 , com 6.709 kg/ha.

TABELA 10 - Médias de produção de grão (kg/ha) nas épocas por densidade de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação

Densidade	Época de Plantio (E)		
D_1	3868 (E_1)	4533 (E_3)	4542 (E_2)
D_2	5134 (E_1)	5403 (E_2)	5532 (E_3)
D_3	5478 (E_2)	5892 (E_1)	6709 (E_3)
D_4	6539 (E_1)	6705 (E_3)	6713 (E_2)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

5 - CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos no presente estudo pode-se concluir que:

- 5.1. Dos três fatores de produção estudados (época de plantio, nível de irrigação e densidade), quando analisados isoladamente, apenas a época de plantio não influenciou significativamente nos parâmetros observados, salvo no peso de 100 sementes (X_3), com 5% de significância.
- 5.2. O % de sabugo e o % de grão na espiga sem palha não foram afetados por qualquer nível de irrigação, época e densidade de plantio.
- 5.3. A produção aumentou com o incremento da disponibilidade de água no solo, sendo os maiores rendimentos conseguidos com o nível I_1 de irrigação (-0,5 atm) com 7.183 kg/ha para espigas e 5.944 kg/ha para grãos, embora não tenha diferido significativamente dos níveis I_2 e I_3 correspondentes aos potenciais matriciais de -0,6 e -0,7 atm, respectivamente.
- 5.4. A interação época x densidade foi significativa para produção de espiga e de grão, onde os rendimentos médios aumentaram com a elevação na densidade para qualquer época de plantio estudada.
- 5.5. A densidade D_4 (6 plantas/m linear) promoveu maiores rendimentos médios de espiga (7.974 kg/ha) e grão

(6.654 kg/ha), sendo estas produções proporcionalmente superiores em 8,9; 19,6 e 34,8% em relação as densidades de 5, 4 e 3 plantas por metro linear, respectivamente.

6 - RECOMENDAÇÕES

Sugere-se que o plantio do milho, visando maiores produções no período de estiagem em regime de irrigação, seja efetuado entre 12 de agosto e 09 de setembro, utilizando-se o nível de irrigação I_3 (potencial matricial de -0,7 atm) com a densidade de plantio D_4 (6 plantas/m linear). Ressaltem-se no entanto, que estes resultados são válidos apenas para a cultivar usada neste trabalho. De forma, que não é cabível fazer inferências para outras variedades.

Para as mesmas condições em que foi desenvolvido este trabalho, recomenda-se estudar um período de semeadura para o milho, que vá desde o início de julho até o final de setembro, com épocas espaçadas de 20 dias. Assim, a cultura estará sendo submetida a uma variação mais ampla dos parâmetros climatológicos. Nesta condição, o milho pode dar respostas significativas aos efeitos destes parâmetros.

Visando a determinação da densidade máxima e do nível ótimo de irrigação, recomenda-se em trabalhos futuros que sejam estudadas maiores populações (mantendo-se 6 plantas/m linear e diminuindo o espaçamento entre fileiras de plantas) com níveis de potencial matricial variando de -0,7 a -0,3 atm. Neste caso seria importante uma análise econômica da produção.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSI, J. & POWER, J.F. Effect of plant spacing on phenological development of early and midseason corn hybrids in a semiarid region. Crop. Science, 15(2): 179-82, 1975.

ARRUDA, M.A. Influência do potencial matricial da água do solo, da adubação e de cultivares na produtividade da cultura irrigada de milho (Zea mays L.). Fortaleza, UFC, 1980. Tese mestrado.

ÁVILA, J.H.T. d'. Potencial matricial, adubação e cultivares na produtividade de milho (Zea mays, L.). Fortaleza, UFC, 1983. Tese Mestrado.

BARBOSA, I.V.A. Fisiologia do milho. In: EMBRAPA/EMBRATER Cultura do milho. Brasilia, 1983. p. (EMBRAPA/EMBRATER Articulação Pesquisa-Extensão, 3).

BENNETT, J.M. & HAMMOND, L.C. Grain yields of several corn hybrids in response to water stresses imposed during vegetative growth stages. Proceedings of the Soil and Crops Science Society of Flórida, 42(2):107-11, 1983.

BETANCOURT, J. El rendimiento agrícola y su relación con la densidad de población de plantas. Revista de Divulgación Agropecuaria, 4(3):25-32, 1974.

BEZERRA, F.M.L. Efeito do potencial matricial e da época de plantio na produtividade de dois cultivares de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata*, (L.) Walp., no Vale do Curu sob regime de irrigação. Fortaleza, UFC, 1985. Tese Mestrado.

ELSAHOOKIE, M.M. & WASSON, C.E. Moisture regime and plant density effects on yield, yield efficiency, and other agronomic tecnits of several hybrids of corn (*Zea mays* L.) Iraqi Journal of Agricultural Science, Zanco 2(4):29-42, 1984.

EMBRAPA/EMBRATER. Sistema de produção para o milho (revisão). Florionópolis, SC, 1977. 72p. (Boletim, 104).

ESPINOSA, M. Extração de água pelo milho em latossolo da região dos cerrados, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 15(1):69-78, jan. 1980.

_____. Resposta de doze cultivares de milho ao déficit hídrico num latossolo vermelh-escuro (Typic Haplustox) de cerrados do Distrito Federal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(6):905-415, jun, 1982.

FLESCH, R.D. Efeito de duas populações de plantas sobre o desenvolvimento das espigas em três híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). Porto Alegre, UFRGS, 1978. Tese Mestrado.

FLINN, J.C. The simulation of crop irrigation systems. In: DENT, J.B. & ANDERSON, J.R.; ed. Systems analysis in agricultural management. Austrália, John Wiley & Sons., 1971.

GARRIDO, O.E. Estudio sobre poblaciones de maiz (Zea mays L.). Informativo del maiz (16):15, 1976.

GUROVICH, L.A. & BAERWALD, D.E. Optimizacion de la eficiencia de riego para diferentes regimes hidricos en maiz. Ciencia e Investigacion Agraria, 7(3):153-67, 1980.

HILLEL, D. Soil and Water; physical principles and processes. New York, Academic Press, 1971, 413p.

KARLEN, D.L. & CAMP, C.R. Row spacing, plant population and water management effects on corn in the atlantic coastal plain. Agronomy Journal, 77(3):393-8, 1985.

KAYUMOV, M.K. Forecasting the water consumption and irrigation regime of maize in the North Caucasus. Soviet Agricultural Sciences (10):28-31, 1983.

MAFRA, R.C. Densidade de plantio e produtividade da cultura. Goiânia. EMBRAPA. CNPAF, 1982. 24p. Apostila do XI Curso de Produção de Caupi.

MBAGWU, J.S.C. & OSUIGWE, J.O. Effects of varying levels and frequencies of irrigation on growth yield nutrient uptake and water use efficacy of maize and cowpeas on a sandy loam ultisol. Plant on Soil, 84:181-192, 1985.

MILLAR, A.A. Manejo racional da irrigação: uso de informações básicas sobre diferentes culturas. Brasília, IICA, 1984. 56p.

MORGADO, L.B. & RAO, M.R. População de plantas e níveis de água no consórcio milho x caupi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 20(1):45-55, jan. 1985.

NOVAIS, R.F.; GALVÃO, J.D. & BRAGA, J.M. Efeito da adubação nitrogenada, população de plantas e híbridos sobre o tamanho das sementes de milho. Experimentiae, Viçosa, 13(2):27-47, 1972.

PASTERNAK, D.; DE MALACH, Y. & BOROVIC, I. Irrigation with brackish water under descrit conditions II. phisiological and yield response of maize (Zea mays) to continuos irrigation with brackish water ant to alternating brackish-fresh-brackish water i-riagation. Agricultural water management, 10(1):47-60, 1985.

REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 3 ed. Piracicaba, CENA/USP/CNEN/Fundação Cargil, 1975. 286p.

REMISON, S.U. & LUCAS, E.O. Effect of planting density on foliar área and productivity of two maize cultivars in Nigeria. Experimental Agriculture, London, 18(1): 33-100, 1982.

REY, R. & ZAMORA, E. Regimen de riego del maize in la zona de Jobabo-Provincia de Las Tunas: Ciéncia y técnica en la agricultura, Riego y Drenage, 6(1/2):5-19, 1983.

RUSSELL, W.A. Testerosses of one-and two-car types of corn belt meize inbreds. I. Performance at form plant stand densities. Crop. Science, Madison, 8:244-7, 1968.

SANTOS, M.M.F. do. Efeito da época de plantio e do potencial matricial na produtividade de híbridos de milho, (Zea mays L.) cultivados sob regime de irrigação. Fortaleza, UFC, 1986. Tese Mestrado.

SHAW, R.H. Climatic requirement. In: Corn and corn improvement. Madison, American Society Agronomy, 1977.

SILVA, P.R.F. Determinação dos efeitos de quatro densidades de plantas no rendimento de grãos e características agronomicas em seis cultivares de milho. Porto Alegre, UFRGS, 1972. 84p. Tese Mestrado.

SLATYER, R.O. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In: EASTIN, I.D. et alii. Physiological aspects of crop yield. Madison, American Society of Agronomy, 1969. p. 53-81.

STIVERS, R.K. GRIFFITH, D.R. & CHRISTIMAS, E.P. Corn performance in relation to row spacing, populations, and hybrids on five soils in Indiana. Agronomy Journal, 63 (4):580-2, 1971.

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. Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS, 12(10):77-8, 1970.

TOLEDO, F.F. & POMMER, C.V. Estudo comparativo de alguns espaçamentos para a cultura do milho. Ciência e Cultura, 22(2):99-103, 1970.

APÊNDICE

EFEITO DOS FATORES (época de plantio, nível
de irrigação e população de plantas), SOBRE OS PARÂMETROS
 (x_3) e (x_4)

A.1. Efeito da época de plantio no peso de 100 sementes

Observa-se na Tabela 4 que os efeitos dos fatores época de plantio e nível de irrigação para o peso de 100 sementes foram significativos, bem como o efeito da interação entre estes dois fatores, assim considerou-se o efeito dos níveis de irrigação, por época de plantio e o efeito das épocas de plantio, por nível de irrigação:

A.1.a) Análise do peso de 100 sementes nos níveis de irrigação por época de plantio

Na época E_1 (plantio 12.08), não houve diferença entre as médias para peso de 100 sementes nos níveis I_1 , I_2 e I_3 , apresentando-se significativamente inferior no nível I_4 . Já nas épocas E_2 (plantio 26.08) e E_3 (plantio 09.09), as médias foram consideradas iguais entre os níveis I_1 e I_3 e entre I_1 e I_4 , respectivamente.

Os resultados relativos às épocas E_1 e E_2 , estão coerentes com os apresentados para produção de grão (ítem 4.2.1.). Não obstante, observa-se que na E_3 , o nível I_4 se enquadra dentro dos que influenciaram positivamente no peso de 100 sementes. Isso leva a crê, que possivelmente houve erro na tomada de dados já que este parâmetro, não responde muito bem à baixa disponibilidade da água no solo.

Os resultados do peso de 100 sementes nos níveis de irrigação por época de plantio, obtidos pela média de 4 densidades, estão apresentados na Tabela A.1. e ilustrados na Figura A.1.

TABELA A.1 - Médias do peso de 100 sementes (g) nos níveis de irrigação em cada época de plantio.
Médias de 4 densidades

Época	Nível de Irrigação (I)				
	E_1	$25,52(I_4)$	$27,34(I_1)$	$27,76(I_2)$	$27,76(I_3)$
E_2	$25,14(I_4)$	$27,88(I_2)$	$28,70(I_1)$	$28,74(I_3)$	
E_3	$29,90(I_3)$	$30,33(I_1)$	$30,94(I_4)$	$32,28(I_2)$	

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

A.1.b) Análise do peso de 100 sementes nas épocas, por nível de irrigação

As médias do peso de 100 sementes sob o efeito da época de plantio em cada nível de irrigação, são mostradas na Tabela A.2.

Observa-se que para o nível de irrigação I_1 as médias se comportaram estatisticamente diferentes nas três épocas, enquanto que, para os níveis I_2 , I_3 e I_4 foram consideradas iguais para as épocas E_1 e E_2 . Somente no nível I_3 as médias obtidas na E_2 e E_3 não diferiram significativamente.

Nota-se ainda, que na E_3 obteve-se maior média de peso de 100 sementes para qualquer nível de irrigação. Isto pode ser considerado como parâmetro indicador quando a finalidade é a produção de sementes básicas.

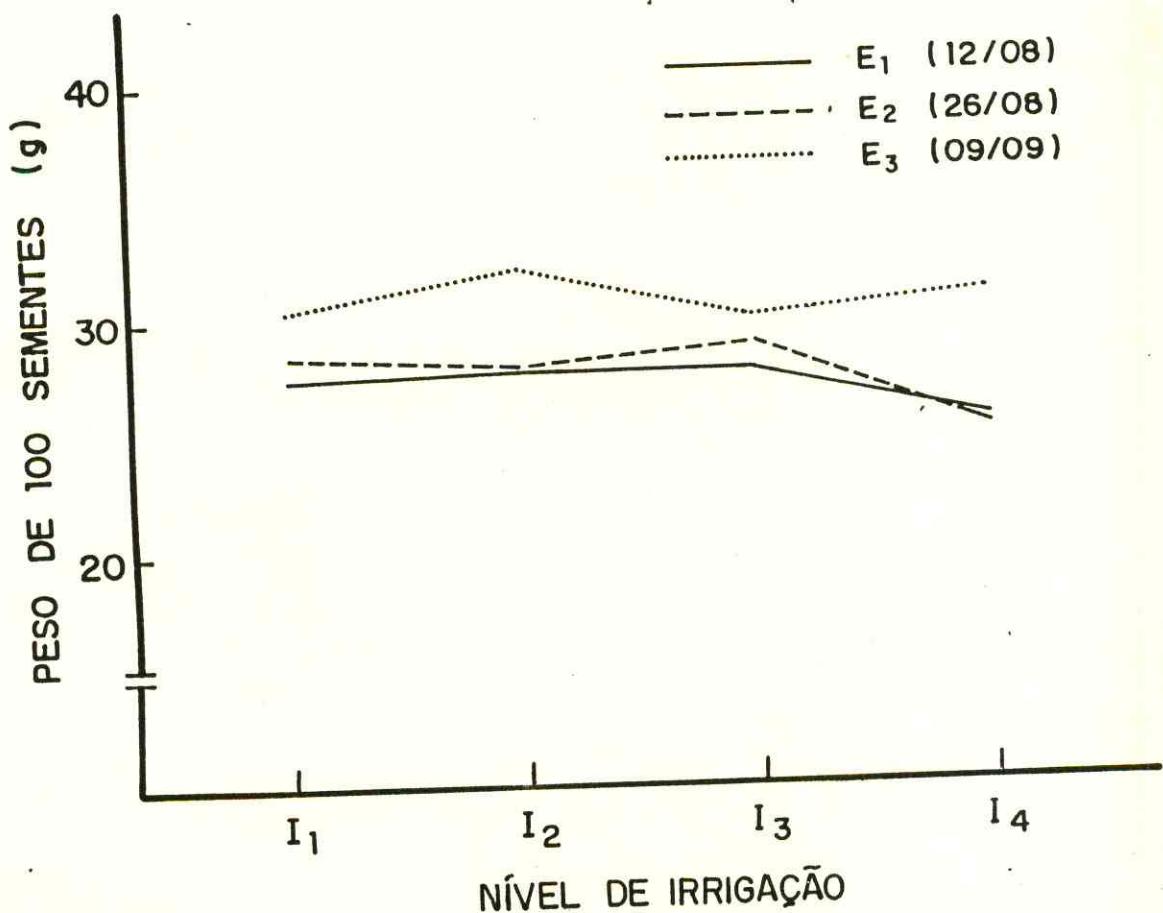


FIGURA A.1 - Peso de 100 sementes em cada época (E) e nível de irrigação I₁, I₂, I₃ e I₄ correspondentes aos potenciais matriciais de -0,5, -0,6, -0,7 e -0,8 atm, respectivamente. Média de 4 densidades de plantio.

TABELA A.2. - Médias do peso de 100 sementes (g) nas épocas de plantio, por nível de irrigação. Médias de 4 densidades.

Níveis de Irrigação	Época de Plantio (E)		
I ₁	27,34 (E ₁)	28,70 (E ₂)	30,33 (E ₃)
I ₂	27,76 (E ₁)	27,88 (E ₂)	32,28 (E ₃)
I ₃	27,76 (E ₁)	28,74 (E ₂)	29,90 (E ₃)
I ₄	25,14 (E ₂)	25,52 (E ₁)	30,94 (E ₃)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

A.2. Efeito da interação época x densidade de plantio no peso de 100 sementes

Devido a interação, considerou-se o efeito das densidades, por época de plantio e o efeito da época, por densidade de plantio:

A.2.a) Análise do peso de 100 sementes nas densidades; por época de plantio

Observa-se na Tabela A.3. pequenas variações no peso de 100 sementes entre as épocas, mesmo em relação as que foram consideradas diferentes. Contudo, há uma tendência das médias serem maiores nas densidades mais baixas. Isto vem comprovar a grande competição dos órgãos

reprodutores da planta nas altas populações. A Figura A.2 ilustra o que foi apresentado neste ítem.

TABELA A.3. - Médias do peso de 100 sementes (g) nas densidades, por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação

Época	Densidade de Plantio (D)				
	E_1	$26,49(D_4)$	$26,84(D_3)$	$26,89(D_1)$	$28,14(D_2)$
E_2		$25,56(D_3)$	$27,07(D_4)$	$28,70(D_2)$	$29,14(D_1)$
E_3		$29,62(D_2)$	$30,82(D_4)$	$29,62(D_3)$	$32,13(D_1)$

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

A.2.b) Análise do peso de 100 sementes nas épocas por densidade de plantio

Os dados apresentados na Tabela A.4. permite observar que entre D_2 e D_4 , não houve diferença no peso de 100 sementes para as épocas E_1 e E_2 , enquanto nas densidades D_1 e D_3 , as médias foram diferentes em todas as épocas de plantio. Observa-se também que independente da densidade, o peso médio de 100 sementes foi superior na E_3 com tendência a ser mais baixo na E_1 .

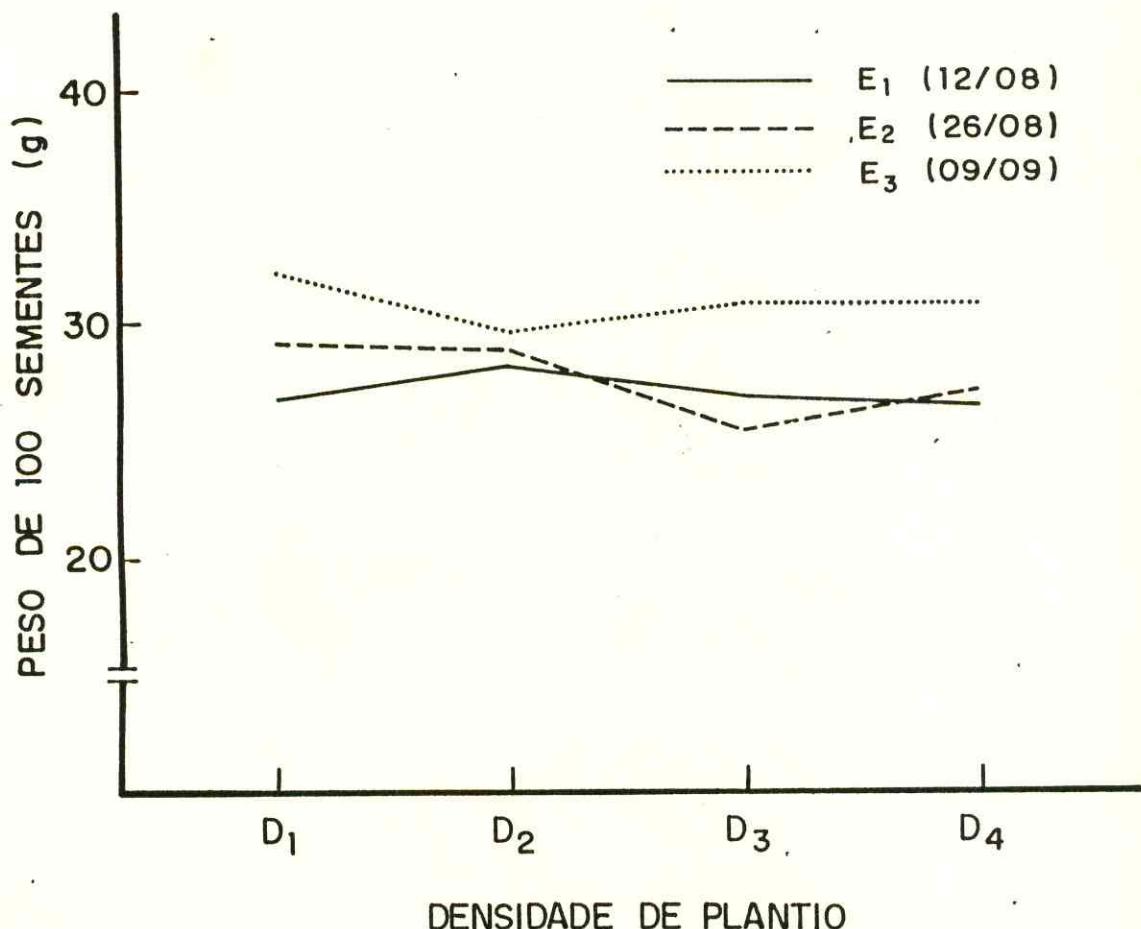


FIGURA A.2 - Peso de 100 sementes em cada época (E) e densidade de plantio D₁, D₂, D₃ e D₄ correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas por metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.

TABELA A.4. Média do peso de 100 sementes (g) nas épocas de plantio, por densidade. Médias de 4 níveis de irrigação.

Densidade	Época de Plantio		
D ₁	26,89 (E ₁)	29,14 (E ₂)	32,13 (E ₃)
D ₂	28,14 (E ₁)	28,70 (E ₂)	29,62 (E ₃)
D ₃	25,56 (E ₂)	26,84 (E ₁)	30,88 (E ₃)
D ₄	26,49 (E ₁)	27,07 (E ₂)	30,82 (E ₃)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

A.3. Efeito do nível de irrigação na produção de grão/planta

As médias de produção de grão/planta entre os três primeiros níveis de irrigação não apresentaram diferença significativa, entretanto, decresceram à medida que se diminuiu o nível de potencial matricial. Assim, pode-se inferir que a maior disponibilidade de água no solo, induziu no milho um aumento no número de grãos/espigas e/ou espigas com maior peso de grão. A resposta positiva da planta às mesmas tensões da água no solo no tocante ao parâmetro em análise, vem comprovar os resultados obtidos para produção de espiga e grão discutidos no ítem 4.2.1. As médias de produção de grão/planta nos 4 níveis de irrigação, são mostradas na Tabela A.5. com ilustração na Figura A.3.

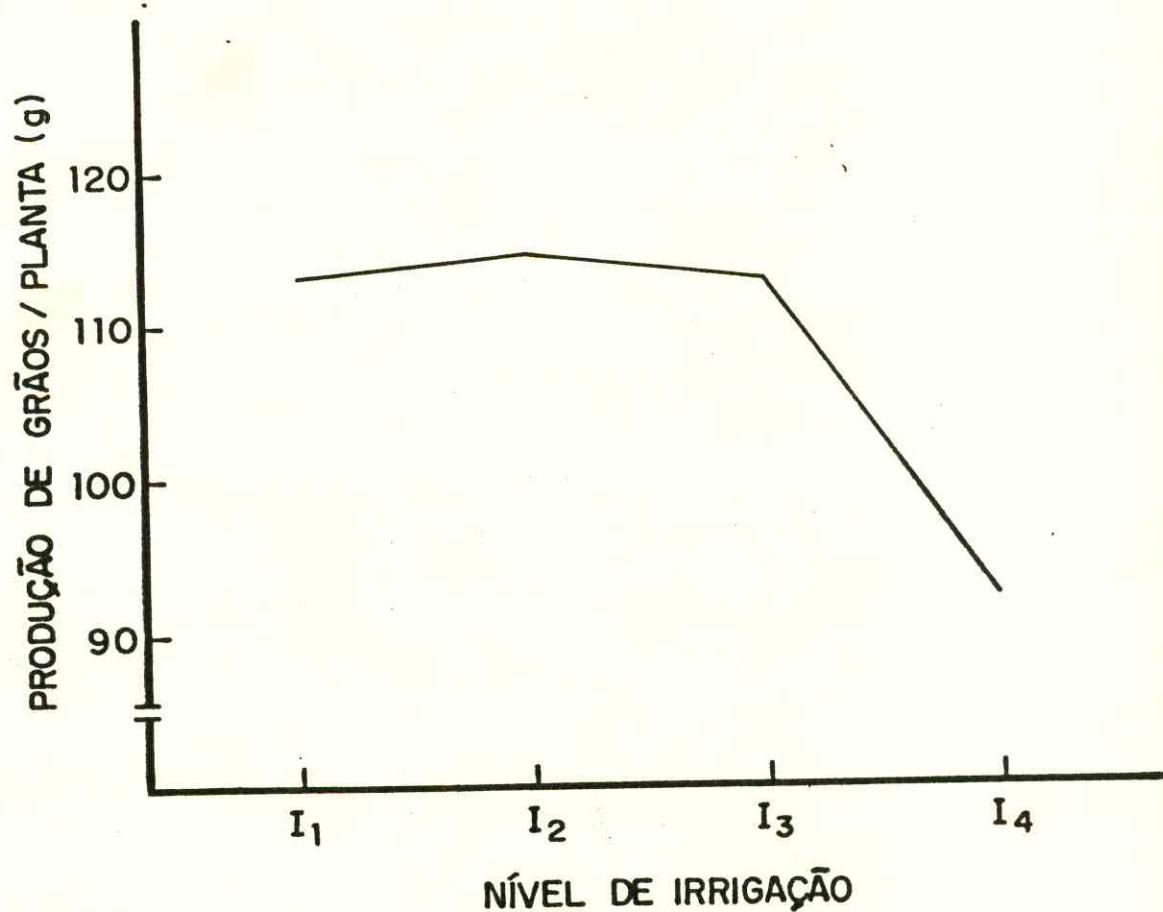


FIGURA A.3. - Produção de grão por planta em cada nível de irrigação I_1 , I_2 , I_3 e I_4 correspondentes aos potenciais matriciais de $-0,5$, $-0,6$, $-0,7$ e $-0,8\text{atm}$, respectivamente. Médias de 3 épocas e 4 desnidades de plantio.

TABELA A.5 - Médias de produção de grão/planta (g) nos 4 níveis de irrigação. Médias de 3 épocas e 4 densidades de plantio.

Nível de Irrigação				
Médias	92,94 (I ₄)	111,86 (I ₃)	114,19 (I ₂)	114,39 (I ₁)
Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.				

A.4. Efeito da interação época x densidade de plantio na produção de grão por planta

Devido a interação, considerou-se o efeito da densidade por época de plantio e o efeito da época por densidade de plantio:

A.4.a) Análise da produção de grão/planta nas densidades por época de plantio

Apresentam-se na Tabela A.6. as médias de produção de grão por planta nas densidades em cada época de plantio representadas pela média de 4 níveis de irrigação.

É importante observar a resposta do milho às densidades de plantio mais elevadas no tocante à produção de grão por planta, onde cresceu inversamente proporcional à densidade, para as 3 épocas consideradas, embora algumas médias não tenham apresentado diferença entre si.

O decréscimo da produção de grão por planta com as densidades mais elevadas, ocorre, porque entre outras, a planta de milho sendo portadora de hábito de crescimento do tipo determinado responde a forte competição entre indivíduos, por trocar o tamanho de suas partes, ou seja, reduz o número, peso e tamanho das espigas, conforme foi observado por GARRIDO (1974), REMISON & LUCAS (1982).

A Figura A.4. ilustra os efeitos da densidade de plantio na produção de grão por planta nas três épocas de plantios.

TABELA A.6. Médias de produção de grão/planta (g) nas densidades por época de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação

Época	Densidade de Plantio (D)			
	<u>92,33 (D₄)</u>	<u>100,00 (D₃)</u>	<u>109,00 (D₂)</u>	<u>109,58 (D₁)</u>
E ₁	<u>92,33 (D₄)</u>	<u>100,00 (D₃)</u>	<u>109,00 (D₂)</u>	<u>109,58 (D₁)</u>
E ₂	94,42 (D ₄)	95,75 (D ₃)	<u>114,58 (D₂)</u>	<u>130,08 (D₁)</u>
E ₃	94,50 (D ₄)	<u>114,00 (D₃)</u>	117,50 (D ₂)	128,42 (D ₁)

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

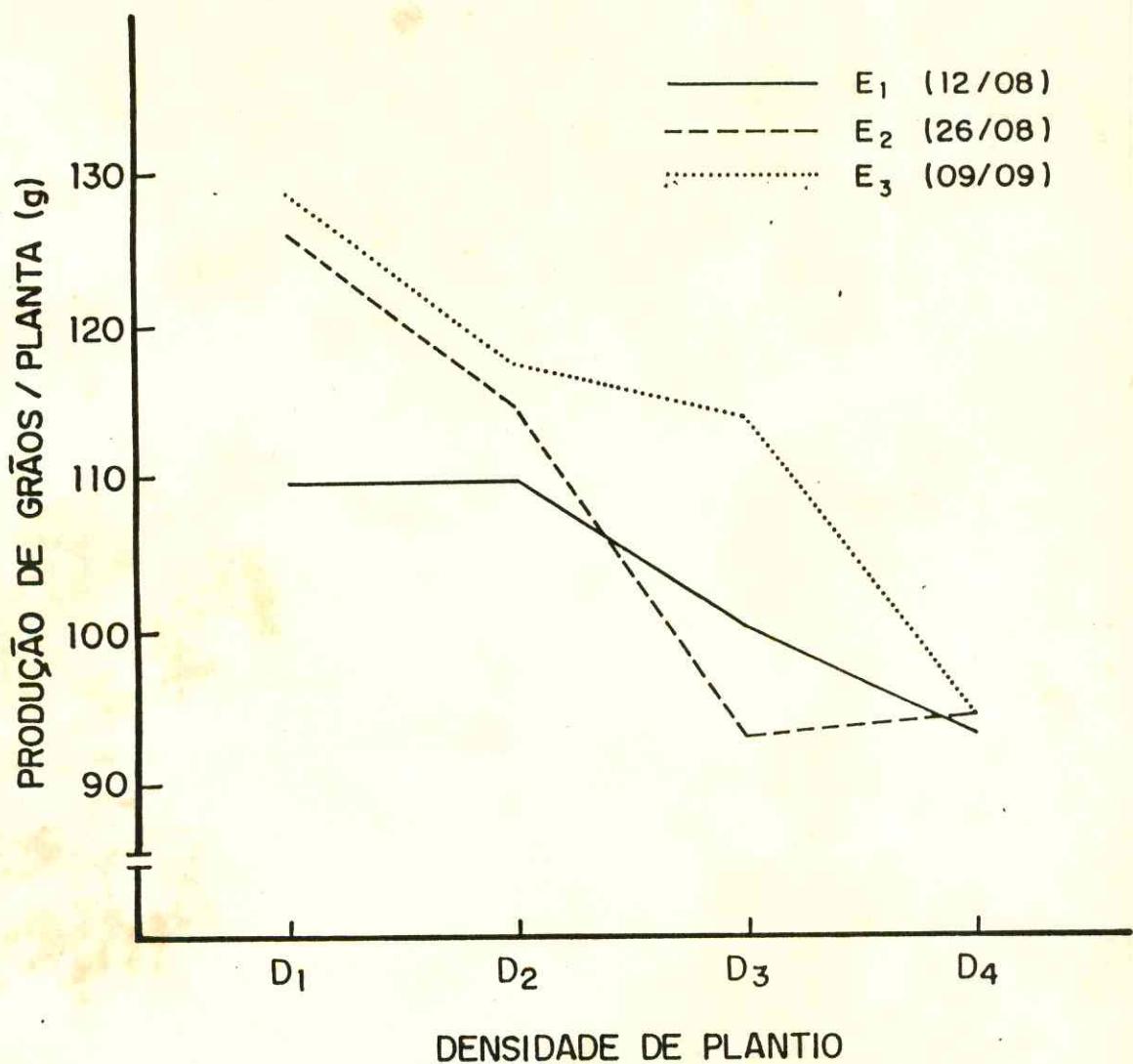


FIGURA A.4 - Produção de grão por planta em cada época (E) e densidade de plantio D₁, D₂, D₃ e D₄ correspondentes a 3, 4, 5 e 6 plantas por metro linear, respectivamente. Média de 4 níveis de potencial matricial.

A.4.b) Análise da produção de grão/planta nas épocas, por densidade de plantio

Observa-se na Tabela A.7., que para a densidade de D_1 a produção média de grão por planta foi estatisticamente a mesma nas duas últimas épocas (E_2 e E_3), ocorrendo o mesmo em relação à densidade D_2 . Já na densidade D_3 verifica-se que foram iguais, as médias para as duas primeiras épocas (E_1 e E_2), enquanto que na densidade D_4 , as médias foram consideradas iguais para as três épocas. Nota-se no entanto, que houve uma tendência de ocorrer maior produção de grão/planta na E_3 .

TABELA A.7. Médias de produção de grão/planta (g) nas épocas por densidade de plantio. Médias de 4 níveis de irrigação.

Densidade	Época de Plantio (E)		
	E_1	E_2	E_3
D_1	109,58 (E_1)	<u>128,42 (E_3)</u>	<u>130,08 (E_2)</u>
D_2	<u>109,00 (E_1)</u>	<u>114,58 (E_2)</u>	<u>117,50 (E_3)</u>
D_3	<u>95,75 (E_2)</u>	<u>100,00 (E_1)</u>	114,00 (E_3)
D_4	<u>92,33 (E_1)</u>	<u>94,42 (E_2)</u>	<u>94,50 (E_3)</u>

Médias sobre o mesmo traço não diferem significativamente aos níveis de 5% e 1% pelo Teste de Tukey.

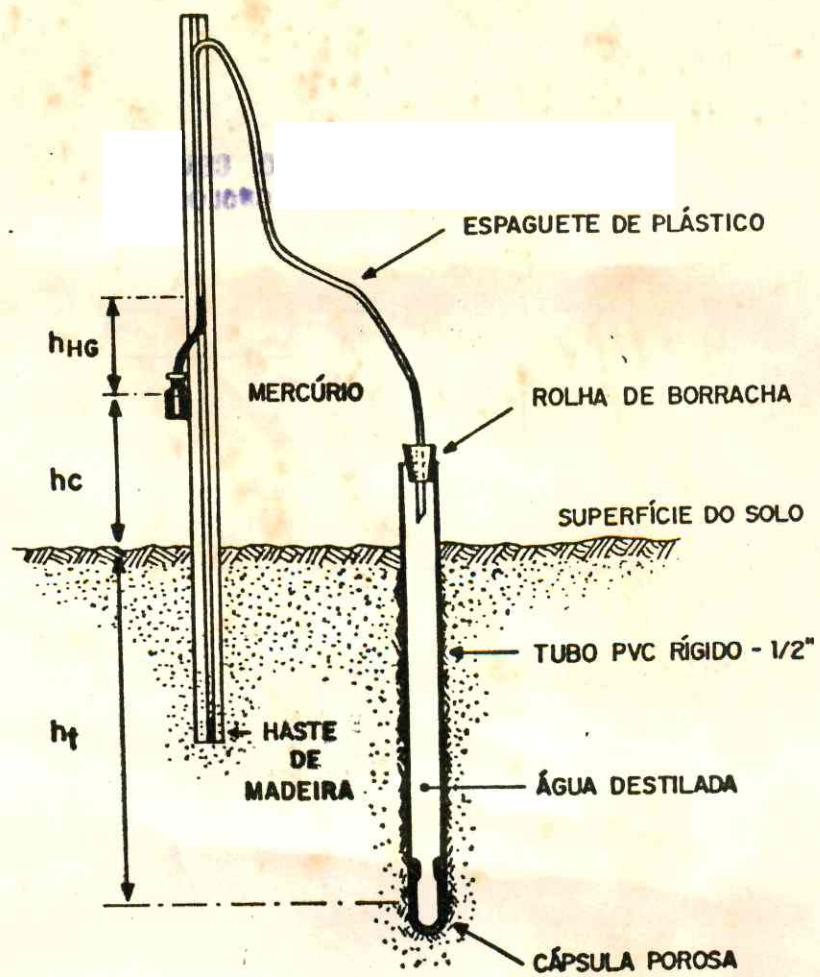


FIGURA A.5. - Desenho esquemático de um tensiômetro instalado no solo.