

RESPOSTA DO MILHO (ZEA MAYS, L.) À IRRIGAÇÃO
SUPLEMENTAR POR SULCOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS - IPH

RESPOSTA DO MILHO (ZEA MAYS L.) À IRRIGAÇÃO
SUPLEMENTAR POR SULCOS

JORGE LUIZ BARCELOS OLIVEIRA

Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos

Dissertação de Mestrado

Orientadores: *Prof. Flávio Antonio Cauduro*
Prof. Lawson Francisco S. Beltrame

Porto Alegre, RS, novembro de 1986

Trabalho realizado sob a orientação dos Professores FLÁVIO ANTONIO CAUDURO e LAWSON FRANCISCO S. BELTRAME, e apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS como requisito parcial para a obtenção do título de "Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos".

Aos meus pais, irmãos, cunhadas (o),
sobrinhos(os), namorada e turma do
Terceiro, meu reconhecimento e gratidão.

AGRADECIMENTOS

- AO PROF. FLÁVIO CAUDURO E EM ESPECIAL AO PROF. LAWSON BELTRAME PELA ORIENTAÇÃO, APOIO E INCENTIVO DURANTE A REALIZAÇÃO DESTE TRABALHO.
- AO COLEGA LUIZ ALBERTO GONDIM, PELO APOIO DURANTE A REALIZAÇÃO DA FASE EXPERIMENTAL.
- A CAPES E CNPQ, PELO APOIO FINANCEIRO RECEBIDO.
- AO IRGA, POR CONCEDER A ÁREA PARA A REALIZAÇÃO DE NOSSOS EXPERIMENTOS.
- A TODOS COLEGAS E FUNCIONÁRIOS QUE, DIRETA OU INDIRETAMENTE, COLABORARAM NA EXECUÇÃO DESTE TRABALHO.

RESUMO

Esta pesquisa foi conduzida com a finalidade de analisar a resposta do milho (*Zea mays*, L.) à irrigação em diferentes períodos fenológicos. O estudo foi conduzido a nível de campo no planossolo Vacacaí, numa área característica dos solos de várzea do Rio Grande do Sul, localizada na Estação Experimental do Arroz (IRGA) em Cachoeirinha. Os subperíodos sujeitos à suplementação de água foram: (a) plantas com 5 a 6 folhas-50% do pendoamento; (b) 50% do pendoamento-75% do espigamento; (c) 75% do espigamento-maturação leitosa; (d) plantas com 5 a 6 folhas-maturação leitosa; (e) semeadura-maturação fisiológica. Para comparação, foi observado o rendimento da cultura numa testemunha não irrigada. Foi empregado o método de irrigação por sulcos com plantio nos camalhões, e a cultivar utilizada foi a Agroceres-64A. Os resultados obtidos indicaram que a suplementação de água entre os estádios das plantas com 5 a 6 folhas até a maturação leitosa ou durante todo o ciclo apresentaram as maiores produtividades, 6.382 e 6.107 kg/ha, respectivamente. Na comparação das médias de produtividade dos tratamentos, comprovou-se que a irrigação entre o estádio de plantas com 5 a 6 folhas até a maturação leitosa proporcionou um aumento de 82% em relação a testemunha e 74%, quando irrigado durante todo o ciclo. Observou-se também acréscimos em produtividade aos tratamentos com irrigação nos subperíodos 5 a 6 folhas- pendoamento, 4.661 kg/ha, e pendoamento-espigamento, 4.598 kg/ha.

ABSTRACT

This study was performed to analyse the response of corn (*Zea mays*, L.) to irrigation at different phenologic periods. Field research was performed on Vacacaí planosol in an area typical of Rio Grande do Sul flood plain soils, at the Experimental Rice Station (IRGA), in Cachoeirinha. The subperiods for administering water supplements were: (a) plants with 5 to 6 leaves-50% of tasseling ; (b) 50% of tasseling-75% of silking; (c) 75% of silking-milky maturation; (d) plants with 5 to 6 leaves-milky maturation; (e) sowing physiological maturation. For purposes of comparison, crop yield was observed in a non-irrigated control crop. The furrow irrigation method was employed, planting Agroceres-64A hybrid, on the ridges. The results achieved showed that the water supplement provided between the stages when plants had 5 to 6 leaves until maturation or throughout the cycle provided the highest productivities, 6,382 and 6,107 kg/ha respectively. Comparing the productivity averages of the treatments it was proved that irrigation between the stages when plants had 5 to 6 leaves until maturation caused an 82% increase as compared to the control and 74% when irrigated throughout the cycle. Increased productivity was also observed when irrigation treatments were provided during the subperiods with 5 to 6 leaves-tasseling, 4,661 kg/ha, and tasseling-silking, 4,598 kg/ha.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xi
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Necessidade de irrigação suplementar no Rio Grande do Sul	3
2.2. Consumo de água pelo milho	7
2.3. Períodos críticos do milho à deficiência hídrica	8
2.4. Rendimentos obtidos com e sem irrigação	12
2.5. Irrigação por sulco e cultivo em çamalhão	15
3 - MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Local, solo e caracterização climática	18
3.2. Procedimento experimental	21
3.3. Práticas culturais	23
3.4. Controle da umidade do solo, lâmina de água aplicada e tempo de irrigação	25
3.5. Observações fenológicas	28
3.6. Rendimento de grãos e outras características da planta ..	29
3.7. Análise estatística	30
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Necessidade de irrigação suplementar	32
4.2. Ocorrências fenológicas	37
4.3. Rendimento de grãos, alguns de seus componentes e observa ções fenométricas	39
4.4. Efeitos da suplementação de água e o rendimento do milho.	41

4.5. Efeito do uso de camalhões	46
4.6. Estimativa de custos	47
5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	50
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
7 - APÊNDICES	60

LISTA DE FIGURAS

01 - Croqui da área experimental, na E.E.A.-IRGA, Cachoeirinha	22
02 - Esquema dos sulcos e camalhões da área experimental, na E.E.A.-IRGA, Cachoeirinha, RS .	24
03 - Curva característica de umidade do planossolo Vacacaí (E.E.A.-IRGA, Cachoeirinha)	26
04 - Correlação entre rendimento de grãos e a lâmina de precipitação mais irrigação	43

LISTA DE QUADROS

01 - Características físico-hídricas do planossolo da unidade Vacacaí	19
02 - Precipitações pluviométricas mensais ocorridas na Estação Experimental do Arroz (E.E.A.) do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), Cachoeirinha, RS	20
03 - Valores de precipitação pluviométrica diária(mm) verificados durante o ciclo do milho híbrido Agrocere-64A (nov/abr), em 1984/85. E.E.A.-IRGA, Cachoeirinha, RS	33
04 - Produtividade e componentes do rendimento médio obtidos em resposta a diferentes tratamentos de irrigação do milho híbrido Agrocere-64A, em planossolo Vacacaí - E.E.A.-IRGA, Cachoeirinha, RS, 1984/85	35
05 - Dados fenométricos médios obtidos em resposta a diferentes tratamentos de irrigação do milho híbrido Agrocere-64A, em planossolo Vacacaí - E.E.A.-IRGA, Cachoeirinha, RS, 1984/85	36

06 - Lâminas de água precipitada e aplicada por irrigação nos diferentes tratamentos, em milho híbrido Agroceres-64A, 1984/85. E.E.A.-IRGA, Cachoeirinha, RS	38
07 - Estimativa de custos de produção em lavoura de milho mecanizada com e sem irrigação e lavoura convencional, por hectare (safra 1985/86)	49

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de suprir o mercado consumidor de alimentos estimulado pelo surgimento de grandes centros urbanos e, até mesmo, as boas perspectivas do mercado mundial, têm exigido um melhor desempenho do setor agropecuário com vistas ao aumento da produção. Em princípio, a expansão de áreas cultivadas e o aumento da produtividade, aparecem como um conjunto de medidas para contornar esta situação.

O Rio Grande do Sul possui, hoje, poucas áreas desocupadas, restando então, elevar a produção com o incremento da produtividade por unidade de solo cultivado. Surge ainda, uma terceira alternativa que seria a melhor utilização das várzeas, normalmente destinadas ao cultivo do arroz, pela introdução de outras culturas (milho, sorgo, soja, etc.) durante o período de pousio (2 a 3 anos sem cultivo).

Enquanto as adubações e o combate as pragas passaram a constituir práticas rotineiras em algumas das propriedades rurais, não havendo dúvidas por parte do agricultor sobre suas vantagens, o mesmo não tem ocorrido com a irrigação. Mas as pesquisas comprovam cada vez mais que a técnica de irrigação não só proporciona uma produção estável, como possibilita uma elevação da mesma.

A suplementação de água é indispensável em regiões onde os recursos hídricos naturais, como chuva ou reserva de água no solo, são insuficientes ou mal distribuídos para atender plenamente as necessidades dos cultivos. Por isto, o planejamento do u-

so da água merece especial atenção em regiões que apresentam maior probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas durante a estação de crescimento da cultura. Deve-se ter em mente que em épocas de estiagem os cursos de água apresentam as menores vazões e a necessidade de racionalização, face a sua escassez, soma-se à deteriorização de sua qualidade através da poluição industrial, esgotos urbanos e contaminação por defensivos agrícolas.

Normalmente, a implantação e a condução de um sistema de irrigação implica na necessidade de capital inicial, mão-de-obra, disponibilidade de água e outros, que nem sempre estão prontamente disponíveis. Entretanto, uma propriedade pode ser planejada de maneira que se possa obter o máximo aproveitamento com o mínimo de gastos. Para isto, basta que se faça a suplementação de água ao solo apenas nos períodos do ciclo vegetativo da cultura que mais respondem à irrigação, principalmente se o manancial é insuficiente para atender a demanda durante o ciclo.

Há que se considerar também, que o cultivo do milho em solos de várzeas ou solos hidromórficos, normalmente vem apresentando sérias dificuldades em função dos alagamentos temporários ocorridos por ocasião de chuvas. No entanto, são poucas as lavou - ras que utilizam práticas eficientes para contornar este tipo de problema, tal como o sistema de cultivo sobre camalhões.

Na busca de maiores informações relativas ao estudo do comportamento da cultura do milho, considerando os aspectos citados anteriormente, implantou-se este experimento na Estação Experimental do Arroz (E.E.A.-IRGA) de Cachoeirinha, com os seguintes objetivos:

- a) Testar a viabilidade da irrigação suplementar no milho em solos de várzea do Rio Grande do Sul;
- b) Definir o melhor subperíodo para irrigação;
- c) Verificar a eficiência de utilização de água nos diferentes subperíodos da cultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NO RIO GRANDE DO SUL.

Segundo WITHERS & VIPOND (1977), a irrigação é dita suplementar quando a cultura pode se desenvolver com a umidade proveniente das chuvas, mas a aplicação artificial de uma lâmina de água suplementar, traduz-se em incremento de produtividade. A irrigação neste caso, tem como objetivo básico repor ao solo o déficit de umidade resultante da insuficiência de precipitação pluviométrica para compensar o uso consuntivo dos cultivos (GRASSI, 1981).

Este tipo de irrigação apresenta uma melhoria técnica das práticas usuais. Empregá-la ou não, depende do retorno econômico que possa produzir. Em alguns climas, a irrigação permite o plantio de culturas em áreas ou estações do ano que de outra maneira não seriam produtivos. Por outro lado, como afirma WINTER (1976), em climas menos rigorosos a irrigação suplementar pode aumentar a produtividade e a qualidade do produto de forma não proporcional ao custo. Mas não se pode deixar de considerar que, em regiões sujeitas a estiagens, um sistema de irrigação disponível permite que o agricultor faça uma boa adubação e plante mais densamente todos os anos. Isto porque, mesmo nos anos em que não há necessidade de uso do sistema de irrigação, pode ser creditado a ele parte do aumento de rendimento, devido ao uso adicional de fertilizantes e a maior população de plantas, que provavelmente não

seriam usadas se não houvesse sistema para assegurar o suprimento de água.

Sob o ponto de vista agrícola, o consumo de água de uma cultura é muito importante, pois via de regra, os recursos hídricos disponíveis são limitados. Segundo ALDRICH et alii (1975), em quase todas as regiões não irrigadas onde o milho é uma cultura importante, a água pode ser insuficiente durante curtos períodos, mesmo em anos de boa distribuição de chuvas de verão.

Segundo MOTA & GOEDERT (1966), os valores anuais de chuva no Rio Grande do Sul normalmente superam os valores de evapotranspiração dos cultivos; entretanto, considerando-se a distribuição estacional de evapotranspiração, a qual é muito maior no verão do que no inverno, com valores intermediários na primavera e no outono, aliado ao fato de que a distribuição de chuva é praticamente igual nas quatro estações do ano, faz com que ocorram épocas de excesso e deficiência de água do solo. Certamente o Estado não pode ser caracterizado como região seca, mas os déficits de precipitação prejudiciais à agricultura são mais ou menos frequentes. É óbvio que as secas e os excessos de água, apesar de dependerem fundamentalmente das condições climáticas donde se basearam os autores, apresentam também estreitas relações com o tipo de solo, no que diz respeito a sua maior ou menor capacidade de armazenamento de água no perfil.

Considerando tanto os dados climatológicos como as características físico-hídricas de alguns solos do Estado, BELTRAME et alii (1979) definiram regiões que necessitam apenas irrigação em caráter suplementar, regiões que requerem irrigação continuamente no verão e regiões onde esta prática pode ser totalmente dispensada. No caso específico dos planossolos unidade Vacacaí, localizados na região fisiográfica Depressão Central, concluíram que as maiores probabilidades de ocorrência de deficiências hídricas recaem sobre o mês de janeiro, atingindo 47% e 39% para valores de água disponível no solo de 115 mm e 75 mm, respectivamente. Para estiagens que se prolongam por dois meses, dezembro-janeiro, as

probabilidades de ocorrência são 29% e 16% para os mesmos valores de água disponível no solo. Analisando pormenorizadamente os resultados do trabalho, percebe-se que a probabilidade de ocorrer escassez de umidade cresce consideravelmente na menor amplitude de tempo considerada (30 dias). Este intervalo de tempo pode abranger parcial ou totalmente qualquer um dos estádios do ciclo do milho, de maior ou menor sensibilidade à falta de umidade. Estes dados põem em evidência a importância da irrigação suplementar nos cultivos de verão que venham a ser implantados nos solos desta unidade e região.

Não permitindo restrições de umidade no solo, MATZE NAUER (1980) determinou o consumo de água pela cultura do milho da semeadura à maturação fisiológica, no município de Taquari-RS incluído na região da Depressão. A evapotranspiração média de quatro anos foi de 573 mm (ciclo de 124 dias), com um consumo médio diário de 4,6 mm. Neste local, a soma dos valores mensais de precipitação pluviométrica nos meses de nov-dez-jan-fev foram de 441 mm. Considerando que o ciclo da cultura ocorreu praticamente neste período, caracteriza-se uma deficiência hídrica de, pelo mínimo, 132 mm, pois uma fração da água da chuva pode não chegar ao solo. Esta lâmina deficitária já equivale a 23% das reais necessidades hídricas das plantas.

A partir de um determinado nível, as deficiências e os excessos de água no solo tornam-se prejudiciais aos cultivos. O grau em que isto ocorre depende fundamentalmente da espécie e do estágio de desenvolvimento da cultura. Voltando ao caso anterior, se o milho responde diferentemente à falta de umidade durante o ciclo, seus efeitos sobre o rendimento estão mais em função da época em que a mesma ocorreu do que propriamente do aspecto quantitativo.

BURIOL et alii (1980) constataram que a intensidade e frequência de deficiências hídricas no Estado, aumentam no fim da primavera, são máximas durante o verão, diminuem nos meses de outono e são mínimas no inverno e início da primavera. Lembram ainda, que embora haja falta de água para os cultivos de verão as pre

precipitações, no seu total, são satisfatórias.

Na verdade, mesmo em regiões onde a quantidade de chuva satisfaz as exigências hídricas do milho para alcançar seu desenvolvimento pleno, pode ocorrer problemas de deficiência decorrentes de irregularidades na distribuição dessas precipitações e das perdas por escoamento superficial e percolação profunda para além da profundidade radicular. Há que se considerar que devido as características próprias das chuvas de verão do Rio Grande do Sul, ou seja, chuvas de forte intensidade e curta duração, estas perdas por escoamento são grandes. Para melhor entendimento, faz-se necessário introduzir o conceito de precipitação efetiva, isto é, a fração da lâmina de água precipitada que realmente foi armazenada no perfil do solo.

No caso das várzeas, estas chuvas torrenciais geralmente superam a velocidade de infiltração da água no solo. Quando não há um sistema de drenagem eficiente, o excesso de água esco superficialmente acumulando-se nas depressões do terreno, causando nesses locais, alagamento temporário. Como se pode ver, os problemas que envolvem o planejamento agrícola nos solos de várzeas são mais ou menos complexos. Isto porque, após uma determinada chuva, pode-se ter numa mesma área, locais com deficiência e locais com excessos de umidade no solo.

Por sua vez, MOTA et alii (1970) também admitem que grande parte do Estado sofre de deficiências hídricas nos meses de verão e que, geralmente, o pico desta deficiência coincide exatamente com os períodos de maior necessidade de água pela cultura do milho. Por isso, como afirma MATZENAUER (1980), o conhecimento das necessidades hídricas durante o ciclo de desenvolvimento do milho e em cada subperíodo, são instrumentos importantes no caso de necessidade de suplementação de água por irrigação ou no planejamento de sistemas de irrigação, bem como em ajustamentos de épocas de semeadura em função das disponibilidades hídricas da região considerada, determinando assim, maior eficiência no aproveitamento das precipitações pluviométricas.

2.2. CONSUMO DE ÁGUA PELO MILHO

O consumo de água por culturas agrícolas normalmente se refere a toda água perdida através das plantas e da superfície do solo, mais a água retida nos tecidos vegetais. A perda de água da planta para a atmosfera se dá principalmente por transpiração (na sua forma de vapor) e em menor escala por gutação (na forma de gotícula). A superfície do solo perde água pelo processo de evaporação. Embora a porcentagem de água nos tecidos vegetais seja altíssima, geralmente não chega a representar 1% do total evaporado durante o ciclo de crescimento (DOORENBOS et alii, 1979). Em vista disso, o consumo total de água dos cultivos (uso consuntivo de uma cultura) normalmente se refere apenas à água perdida por evapotranspiração (soma da transpiração com a evaporação).

Logo, para produzir uma grama de matéria seca as plantas necessitam de centenas de gramas de água. Esta demanda deve ser atendida pela água do solo através do sistema radicular. O excesso de água é perdido para a atmosfera, especialmente pelas folhas que, sujeitas à ação da radiação solar e dos ventos, obrigam a planta transpirar incessantemente. Segundo REICHARDT (1975), para que a planta cresça adequadamente precisa possuir uma economia de água tal que a demanda feita sobre ela seja balanceada pelo seu abastecimento por parte do solo. O problema é que a demanda evaporativa devido à atmosfera (radiação solar, temperatura, umidade do ar e vento) para curtos intervalos de tempo, é considerada constante ao passo que a chuva, responsável pela recarga natural de água ao solo, ocorre de forma ocasional e geralmente com irregularidade.

Nesses intervalos entre chuvas a planta precisa contar com a reserva de água contida no solo. Se não há reposição imediata da mesma quantidade de água absorvida pelas raízes, o teor de umidade do solo diminui gradativamente. Como a disponibilidade de água às plantas decresce com a diminuição da umidade do solo, segundo RICHARDS & WALDLEICH (1952) a planta pode sofrer deficiência de água e, conseqüentemente, redução no seu crescimento. A realidade mostra que na maioria das situações dificilmente a cultura se desen-

volve em ambientes de ótima disponibilidade hídrica (solo na capacidade de campo) durante todo o seu ciclo, devido às irregularidades das chuvas. Considerando que o solo funciona como um reservatório de água imprescindível ao desenvolvimento vegetal, o esgotamento deste reservatório por uma cultura exige sua recarga artificial que é o caso da irrigação.

O consumo de água para uma mesma cultura, como por exemplo o milho, pode sofrer variações em função da cultivar (ciclo, área foliar, estatura da planta e sistema radicular), do tipo de solo e das condições meteorológicas. Pesquisas feitas por JENSEN (1973) e DOORENBOS et alii (1979) demonstraram que a necessidade de água durante o ciclo do milho varia de 373 e 640 mm e 500 a 800 mm, respectivamente, considerando diversos locais e períodos. Em quatro anos de estudo no Rio Grande do Sul, MATZENAUER (1980) obteve uma evapotranspiração (consumo de água) média de 573 mm, com uma oscilação de 522 a 634 mm.

Segundo citação feita por PONS & BRESOLIN (1981), o milho necessita em torno de $0,75 \text{ m}^3$ de água para produzir um quilograma de grão, enquanto que DOORENBOS et alii (1979) admitem uma eficiência que pode oscilar entre $0,63 \text{ m}^3/\text{kg}$ e $1,25 \text{ m}^3/\text{kg}$.

2.3. PERÍODOS CRÍTICOS DO MILHO À DEFICIÊNCIA HÍDRICA.

A água é um elemento fundamental para a produção vegetal. Tanto a sua deficiência como seu excesso podem prejudicar tremendamente o desenvolvimento e o rendimento dos cultivos. Entretanto, estes prejuízos variam com a espécie e com o período vegetativo dos cultivos.

O milho é uma cultura que se adapta a ambientes de média disponibilidade hídrica (MATZENAUER & SUTILI, 1983), mas para que desenvolva todo o seu potencial de crescimento e produtividade exige que o nível de umidade do solo permaneça próximo ao limite hídrico superior (LHS) durante todo o ciclo. O limite hídrico superior confunde-se com o conceito de capacidade de campo que

é uma função do solo e geralmente caracteriza uma tensão de água no solo em torno de 0,1 a 0,3 atm. O teor de umidade acima desse limite determina problemas de drenagem e, abaixo, pode determinar maior dispêndio de energia, por parte das raízes, para realizar a absorção da água do solo, o que vem a caracterizar um déficit hídrico.

Em termos práticos, a planta pode não ser afetada quando a umidade do solo diminui até a um determinado nível, a partir do qual percebe-se uma queda de produtividade. Este ponto é denominado limite hídrico inferior (LHI) e está mais em função da planta do que do solo. O conhecimento dos valores de limite hídrico superior e limite hídrico inferior torna-se importante quando se deseja calcular a lâmina de água e o momento de irrigação. DENMEAD & SHAW (1962) encontraram num período de 5 semanas, iniciado imediatamente antes do pendoamento, três valores de limite hídrico inferior do milho, cujas tensões equivalentes foram aproximadamente 0,3, 2,0 e 12,0 atm, para condições meteorológicas extremas e média (evapotranspiração de 6 a 7, 3 a 4 e 1,5 mm/dia respectivamente).

Na mesma linha de raciocínio, TAYLOR (1965) citado por HAGAN (1973), determinou o potencial matricial da água no solo para que a cultura do milho possa atingir seus rendimentos máximos, só que ele definiu um período de maior e outro de menor sensibilidade à falta de água. O limite hídrico inferior encontrado durante o período de crescimento vegetativo equivaleu uma tensão aproximada de 0,5 atm e na maturação variou de 8,0 a 12,0 atm. A partir desses dados conclui-se que os cultivos respondem diferentemente para a umidade do solo, mas há também um comportamento variável ao longo do próprio ciclo de uma dada cultura.

O período crítico de uma cultura vem a ser aquele em que a deficiência de água se torna mais prejudicial ao desenvolvimento da mesma. Normalmente, esses períodos críticos coincidem com os de máxima atividade fisiológica da planta. WITHERS & VIPOND (1977) recomendam que ao ocorrer limitações no suprimento, deve-se aplicar a água nos períodos indicados como críticos. Isto porque em determinadas fases do ciclo a cultura exige baixas tensões de umidade do

solo, caso contrário, a produtividade ficará comprometida. Em outros períodos a tensão de água no solo não influirá na produtividade, desde que não atinja níveis de umidade muito próximos ao ponto de murcha permanente* (PMP).

Assim sendo, no planejamento agrícola que envolva um sistema de irrigação otimizado, exige-se um bom conhecimento da fisiologia da planta, principalmente no que diz respeito a maior ou menor sensibilidade da cultura à escassez de umidade, nos diferentes subperíodos fenológicos. No caso do milho, especificamente, a publicação I R R I G A T I O N (1976) apresenta algumas características de cada subperíodo:

- Semeadura-emergência: um teor de umidade adequado é fundamental para garantir a germinação da semente e o crescimento da plântula. A ocorrência de deficiência ou excesso hídrico neste subperíodo implicará em muitas falhas de germinação.
- Germinação-5 a 6 folhas (em torno de 30 dias após a emergência): fase de estabelecimento da planta, muito importante para o desenvolvimento do sistema radicular. Tanto a presença de umidade como de elementos minerais, são fatores limitantes. O consumo de água ainda é pequeno devido ao baixo índice de área foliar. Segundo SPRAGUE (1977), há evidências de que uma estiagem não muito forte durante todo este subperíodo é suficiente para reduzir a taxa de emissão do primórdio floral entre as plantas. NICHOLIS & MAY (1963) concluíram que a ocorrência de déficits num espaço de tempo relativamente curto, antecede o desenvolvimento do primórdio floral e não afeta o número total de espigas esperadas.

* Ponto de murcha permanente pode ser definido como sendo a umidade do solo na qual uma planta, não túrgida, não restabelece turgidez mesmo quando colocada em atmosfera saturada por doze horas (VEIHMEYER & HENDRICKSON, 1948 apud REICHARDT, 1975 - p.231).

- 5 a 6 folhas-pendoamento: a planta atinge o pico de crescimento vegetativo, envolvendo principalmente o sistema radicular, a área foliar e alongamento dos internódios. Neste período, há um incremento brusco do consumo de água face a aceleração do metabolismo da planta. A supressão de umidade num curso de tempo prolongado deve afetar a produtividade em decorrência da redução da área foliar e do sistema radicular, além do que, se esta deficiência ocorrer no final do subperíodo, mais especificamente aos 20 dias que antecedem a emissão da inflorescência masculina, os efeitos negativos podem ser ainda maiores.

- Pendoamento-polinização: período de florescimento cujo início é marcado pelo afloramento do pendão, seguido da emissão dos estigmas pela espiga (espigamento ou embonecamento) e, posterior liberação do pólen. A cultura apresenta o máximo consumo de água em decorrência do alto índice de área foliar e da grande atividade fisiológica. A deficiência hídrica neste subperíodo e nos 10 dias subsequentes deve afetar tremendamente o rendimento de grãos, principalmente pela redução do número de grãos por espiga. Isto ocorre, porque a deficiência de água provoca a murcha dos estigmas impedindo a fecundação do óvulo, e, esta situação agrava-se pelo fato de que o período de polinização do milho é muito curto (em torno de 5 dias).

- Polinização-maturação: a maturação caracteriza-se por dois subperíodos distintos, o da polinização (final do florescimento) - maturação leitosa e maturação leitosa-maturação fisiológica. No primeiro caso, o consumo médio de água aproxima-se ao do florescimento, sendo que é aproximadamente igual nos primeiros 10 dias e depois começa a declinar gradativamente até atingir o final do ciclo (maturação fisiológica). O déficit de umidade neste subperíodo (polinização-maturação leitosa) deve afetar o rendimento pela redução do tamanho de grãos. Porém, durante o subperíodo maturação leitosa-maturação fisiológica, este consu

mo diminui consideravelmente pela senescência da área foliar que reduz a atividade fotossintética da planta. Neste caso, a ocorrência de estiagens pode não afetar significativamente o rendimento final de grãos.

Inúmeros autores como DENMEAD & SHAW (1959), DOSS et alii (1962), ENGLAND (1963), PIERRE et alii (1967), SPRAGUE (1977), STONE et alii (1978), DOORENBOS et alii (1979), MATZENAUER et alii (1981) e MATZENAUER & SUTILI (1983), mencionam que os períodos de desenvolvimento do milho mais críticos à deficiência hídrica são, em ordem decrescente: florescimento, enchimento de grãos e pico de crescimento vegetativo (subperíodo 5 a 6 folhas-pendocimento).

Em outros períodos como a fase de crescimento inicial (primeiros 30 dias após a emergência), a deficiência de umidade pode apresentar algum aspecto vantajoso por estimular o desenvolvimento rápido e profundo do sistema radicular (DOORENBOS et alii, 1979). Durante o subperíodo maturação leitosa-maturação fisiológica, a deficiência pode causar a antecipação do final do ciclo da cultura.

2.4. RENDIMENTOS OBTIDOS COM E SEM IRRIGAÇÃO.

O crescimento e o rendimento máximo de um cultivo é determinado principalmente por suas características genéticas e pela sua adaptação ao ambiente predominante. Neste caso, as necessidades ambientais que dizem respeito ao clima, solo e água variam com o cultivo e com a variedade ou cultivar. Segundo DOORENBOS et alii (1979), o rendimento de grãos da cultura do milho em regiões de clima sub-tropical, como pode ser o caso do Rio Grande do Sul, quando não há limitações de água e fertilizantes e infestações de pragas e moléstias, deve girar em torno de 7.000 kg/ha a 10.000 kg/ha.

Ao longo dos anos muitos trabalhos de pesquisa têm sido realizados para avaliar a resposta da cultura do milho às con

dições de umidade do solo nos diferentes períodos de desenvolvimento e no ciclo.

Em cultivo de milho realizado à campo no município de Pelotas-RS, MOTA & ROSINHA (1955) obtiveram com irrigação aumentos de até 91% no rendimento de grãos.

BERTRAND & KOHNKE (1957) constataram que a penetração do sistema radicular do milho é afetada pela temperatura, aeração, teor de umidade e resistência mecânica do solo. Segundo os autores, a umidade influi tanto direta como indiretamente, sendo que as raízes não penetram em um solo com umidade próxima ao ponto de murcha permanente e que, por outro lado, o excesso acarreta sérias restrições devidas a diminuição do teor de oxigênio no solo. Esses dois extremos, por consequência, influíram negativamente no rendimento de matéria seca da cultura.

Em ensaio de campo, BERMANN et alii (1969) observaram que as diferenças no rendimento a favor das plantas irrigadas deram-se desde os primeiros estádios de crescimento da cultura do milho. Por outro lado, CAUDURO (1971) utilizando tratamentos com e sem irrigação, não observou diferenças significativas na produtividade de grãos, pois durante a condução de campo a precipitação foi elevada, mascarando os resultados.

Estudos realizados no município de Guaíba-RS, UITDEWILLINGEN (1971) obteve um acréscimo de 73% na produtividade de milho nos tratamentos irrigados (6.775 kg/ha e 3.916 kg/ha). O autor observa que a diferença no rendimento pode ser explicada pela estigagem que ocorreu durante os períodos críticos de florescimento e enchimento de grãos, e que a irrigação aumentou tanto o peso das espigas como o número de espigas por planta.

GONDIN (1985) trabalhando com milho irrigado por sulcos e cultivado sobre camalhões, em várzea no município de Cachoeirinha-RS, obteve produtividades que oscilaram de 3.721 e 5.153 kg/ha para tratamentos sem e com irrigação, respectivamente.

Observações feitas com o intuito de comparar o rendimento de grãos entre plantas irrigadas durante todo o ciclo e irrigadas apenas nos dois períodos mais críticos do milho (florescimento e enchimento de grãos), indicaram que no primeiro caso a produtividade foi maior, entretanto sem haver diferença significativa entre os mesmos (MILLER & DULEY, 1925; RHOADES et alii, 1954; HOWE & RHOADES, 1955; JONES et alii, 1957; SCHWAB et alii, 1958; GARD et alii, 1961; VÁSQUEZ, 1961).

Comparando o efeito direto da irrigação no milho aplicada em todo o ciclo da cultura, antes e após o espigamento, com o plantio sem irrigação, CORDNER (1942) concluiu que o rendimento de grãos foi bem maior quando se colocou água do espigamento em diante, e que a irrigação, antes desta fase, aumentou a estatura da planta mas não o rendimento de espigas. Da mesma forma, SOMMERFELDT (1960) aplicando uma única irrigação próximo ao estágio de pendoamento obteve maior rendimento de grãos do que a irrigação durante todo ciclo. Neste caso, provavelmente, não deve ter ocorrido maiores restrições de umidade no solo.

Segundo ROSBACO & BABBONI (1969), a deficiência de água no solo ocorrida durante o período de florescimento afetou de forma substancial a produtividade de grãos da cultura do milho. Na mesma linha de pesquisa, GODARD (1955) e COLIGADO et alii (1963), verificaram maiores quebras no rendimento de grãos quando a deficiência ocorreu a partir do final da polinização.

Dados obtidos por VOLODARSKIJ & ZINEVIC (1960), evidenciaram que uma seca amena por ocasião do período de germinação ao início do pendoamento ou uma estiagem mais forte da germinação ao estágio de 7 a 8 folhas, podem causar reduções da estatura e da área foliar do milho, mas sem afetar o rendimento de grãos.

Testando os efeitos pela supressão de umidade no solo em diferentes estádios de desenvolvimento do milho, DENMEAD & SHAW (1960) concluíram que a deficiência hídrica ao nível de ponto de murcha ocorrida antes, durante e depois do espigamento reduziu o rendimento de grãos em 25%, 50% e 21%, respectivamente. Estes re

sultados também evidenciam que o subperíodo pendoamento-espigamento é o mais sensível à falta de água. Da mesma forma, MILLER & DULEY (1925) obtiveram quebras de 35% e 45% para o período de 30 dias que antecedeu o pendoamento e os 30 dias que os sucederam. ROBINS & DOMINGO (1953) determinaram que a deficiência de água por 1 a 2 dias durante o pendoamento ou polinização do milho causou uma redução de 22% no rendimento de grãos, e uma deficiência por um período de 6 a 8 dias reduziu o rendimento em torno de 50%.

SILVA et alii (1980) observaram que a deficiência de umidade no solo no início do florescimento, no florescimento e na polinização afetou sensivelmente a fenologia da cultura do milho, com conseqüente perda de rendimento em grãos. Os resultados mostraram que a melhor expressão do rendimento do milho foi obtida quando a irrigação foi suspensa logo após o enchimento de grãos e, a maior redução (em torno de 32%), quando a deficiência ocorreu no início do florescimento.

2.5. IRRIGAÇÃO POR SULCO E CULTIVO EM CAMALHÃO.

Buscando melhores alternativas para a utilização de várzeas com culturas de sequeiro (milho, sorgo, soja, etc.), inúmeros autores citam o emprego da irrigação superficial em sulcos e/ou com plantio sobre camalhões, tais como MUNDSTOCK (1970), CAUDURO (1971), UITDEWILLINGEN (1971), BERGAMASCHI (1973), ROSSI (1979), WINKLER (1979), PONS & BRESOLIN (1981), RAMOS et alii (1981), IRGA (1984) e, GONDIN (1985).

O método de irrigação por sulcos consiste na condução da água em sulcos, geralmente, situados paralelamente às fileiras de plantas, durante o tempo necessário para que a água infiltrada ao longo do mesmo, seja suficiente para umedecer o solo na zona radicular (BERNARDO, 1982).

O uso desse sistema de irrigação com o plantio sobre camalhões parece ter sido o mais indicado para implantação deste experimento, por se tratar de solo de várzea onde a falta e o ex-

cesso de umidade ocorrem associados e com certa frequência. No caso específico das várzeas do Rio Grande do Sul, este sistema apresenta as seguintes vantagens:

- Não molha toda a superfície do solo, reduzindo a formação de crostas na superfície que reduzem ou impedem a emergência das plântulas;
- Adapta-se bem em cultivos em linhas e em solos de pouca declividade;
- Elimina o efeito do alagamento temporário sobre as raízes da planta, promovendo as trocas gasosas na interface solo atmosfera.

Nesses solos as desvantagens do referido método podem ser caracterizadas por:

- Causar uma redução muito grande da umidade no camalhão;
- Não permitir uma boa eficiência de irrigação ao longo do sulco;
- Dificultar o manejo: da irrigação em grandes áreas; da colheita quando mecanizada devido ao acamamento no sulco e ao trânsito da colhedeira; e, do controle de ervas daninhas sobre o camalhão.

Normalmente, o cultivo do milho em solos hidromórficos não tem alcançado muito sucesso em decorrência dos danos produzidos às plantas em função da aeração deficiente no solo. Tal deficiência é causada pelo excesso de umidade, decorrente da má drenagem natural. A pequena declividade, a presença de camadas pouco permeáveis e a baixa condutividade hidráulica (BELTRAME et alii, 1979) favorecem a retenção da água no perfil e na superfície, podendo formar uma lâmina com alguns centímetros de altura que pode permanecer na superfície por algumas horas ou até dias.

O milho é muito sensível ao excesso de água e o alagamento do solo, mesmo por um dia, reduz consideravelmente o rendimento

mento de matéria seca (JOSHI & DASTANE, 1965), especialmente nas primeiras semanas do ciclo. ROSSI (1979) observou que a má aeração do solo sobre as plantas de milho, quando o solo se manteve saturado e com água estagnada na superfície por longos períodos, surtiu maiores efeitos negativos por ocasião do estágio de plântula. O alagamento, além de prejudicar as raízes por deslocar o ar do espaço poroso não capilar ocasionando deficiência de oxigênio (HILLEL, 1970), dificulta a germinação das sementes e interfere na fertilização dos óvulos durante a polinização, bem como na acumulação de reservas nos grãos (JOSHI & DASTANE, 1966).

Segundo MILLAR (1978), a magnitude dos danos provocados pelo encharcamento sobre os rendimentos das culturas está diretamente relacionada com a duração da inundação. Normalmente, as culturas apresentam diferentes graus de tolerância ao excesso de água, sendo específico para cada planta. ROJAS (1972) observou os danos produzidos sobre o rendimento do milho quando submetido a inundação, durante o florescimento, por 3, 7, 11 e 15 dias, os quais foram de 13%, 57%, 85% e 100%, respectivamente.

RAMOS et alii (1981) alcançaram um aumento considerável de rendimento de grãos no cultivo de milho com o uso de camalhões comparado ao manejo convencional. Concluíram que os altos rendimentos obtidos com a utilização de camalhão em solos hidromórficos se devem à maior eficiência do aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, pois com a ocorrência de acúmulo de água no solo em determinados períodos do ciclo, os sintomas de deficiências de nutrientes eram bastante evidentes nas parcelas sem camalhão e que tal deficiência teria sido causada pela falta de oxigênio e/ou pela desnitrificação.

Como se pode observar, estas duas técnicas de manejo de solo (sulco e camalhão) integradas podem propiciar maior estabilidade à lavoura pelo domínio das águas, quer para irrigação, quer para drenagem superficial.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL, SOLO E CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA.

O trabalho experimental foi conduzido a campo, durante o ano agrícola 1984/85, na Estação Experimental do Arroz do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), no município de Cachoeirinha RS, localizado na região climática da Depressão Central a uma altitude de 7 metros, latitude de 29^o55' sul e longitude 50^o58' oeste.

A área escolhida para implantação do experimento é característica das várzeas arrozeiras do Rio Grande do Sul, e corresponde, praticamente, a metade das várzeas gaúchas (BELTRAME & TAYLOR, 1981).

O solo, segundo BRASIL (1973), classifica-se como planossolo da unidade de mapeamento Vacacaí, relevo plano a suavemente ondulado, apresentando substrato de sedimentos aluviais recentes, cuja caracterização físico-hídrica encontra-se no Quadro 1.

De acordo com o sistema internacional de Köppen, esta área enquadra-se sob influência de clima Cfa 2, ou seja, clima subtropical úmido de verão quente, com temperatura média do mês mais quente superior a 22^oC (MORENO, 1961). No Quadro 2 são apresentadas as precipitações ocorridas em Cachoeirinha no período 1975/85 para os meses de outubro a março e, no Apêndice 1, a caracterização climática do município.

QUADRO 01 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DO PLANOSSOLO DA UNIDADE VACACAÍ.

PROF. (cm)	D _s (g/cm ³)	D _p (g/cm ³)	P (%)	E _a (%)	GRANULOMETRIA (%)			
					Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
0 - 20	1,36	2,52	46	11	18	35	36	11
21 - 40	1,60	2,50	36	10	15	30	40	15

Profundidade da camada impermeável: 1.000 mm

Condutividade hidráulica: 0,148 m/dia; $r^2 = 0,940$

Taxa de infiltração estabilizada: 4,4 mm/h; $r^2 = 0,732$

Lâmina acumulada até a estabilização: 15 mm; $r^2 = 0,965$

Onde, D_s - Densidade do solo

D_p - Densidade de partículas

P - Porosidade

E_a - Espaço aéreo.

FONTE: PROVÁRZEAS (Relatório Técnico da 2.^a fase - IPH, UFRGS).

QUADRO 02 - PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS MENSIS OCORRIDAS NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DO ARROZ (E.E.A.) DO INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA), CACHOEIRINHA, RS. (DADOS DA PRÓPRIA ESTAÇÃO)

ANO AGRÍCOLA	OCORRÊNCIA MENSAL (mm)					
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
1975/76	101	87	84	129	61	138
1976/77	85	172	108	80	288	72
1977/78	98	92	104	164	45	50
1978/79	137	152	90	13	55	76
1979/80	57	124	165	143	66	42
1980/81	89	124	186	123	275	38
1981/82	33	126	100	30	144	80
1982/83	204	230	71	115	161	122
1983/84	154	109	65	163	85	95
1984/85	113	75	28	44	103	194
MÉDIAS	107,1	129,1	100,1	100,4	128,3	90,7
DESVIO (s)	48,8	46,0	46,3	55,3	89,2	48,8

3.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.

As parcelas foram arranjadas segundo o delineamento blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições. A área cedida pelo Instituto Rio Grandense do Arroz S.A., para a execução do experimento, contava com os sistemas de irrigação e drenagem totalmente implantados e com o plantio do milho efetuado há seis dias. Esse fato dificultou a distribuição das repetições nos diferentes blocos. Para contornar a situação, realizou-se o sorteio dos tratamentos no primeiro bloco e a distribuição, nos demais, obedeceu a mesma ordem do sorteio anterior. Desta forma, as repetições de um mesmo tratamento foram dispostas em faixas, ou seja, ao longo de um mesmo sulco (Figura 1), permitindo assim, que as irrigações em cada tratamento fossem feitas simultaneamente numa única operação. Apesar de não ser a disposição mais recomendável, premia a eficiência de distribuição e aplicação da água aos sulcos.

Os seis tratamentos adotados seguem às seguintes especificações:

Tratamento I.... Sem irrigação (testemunha);

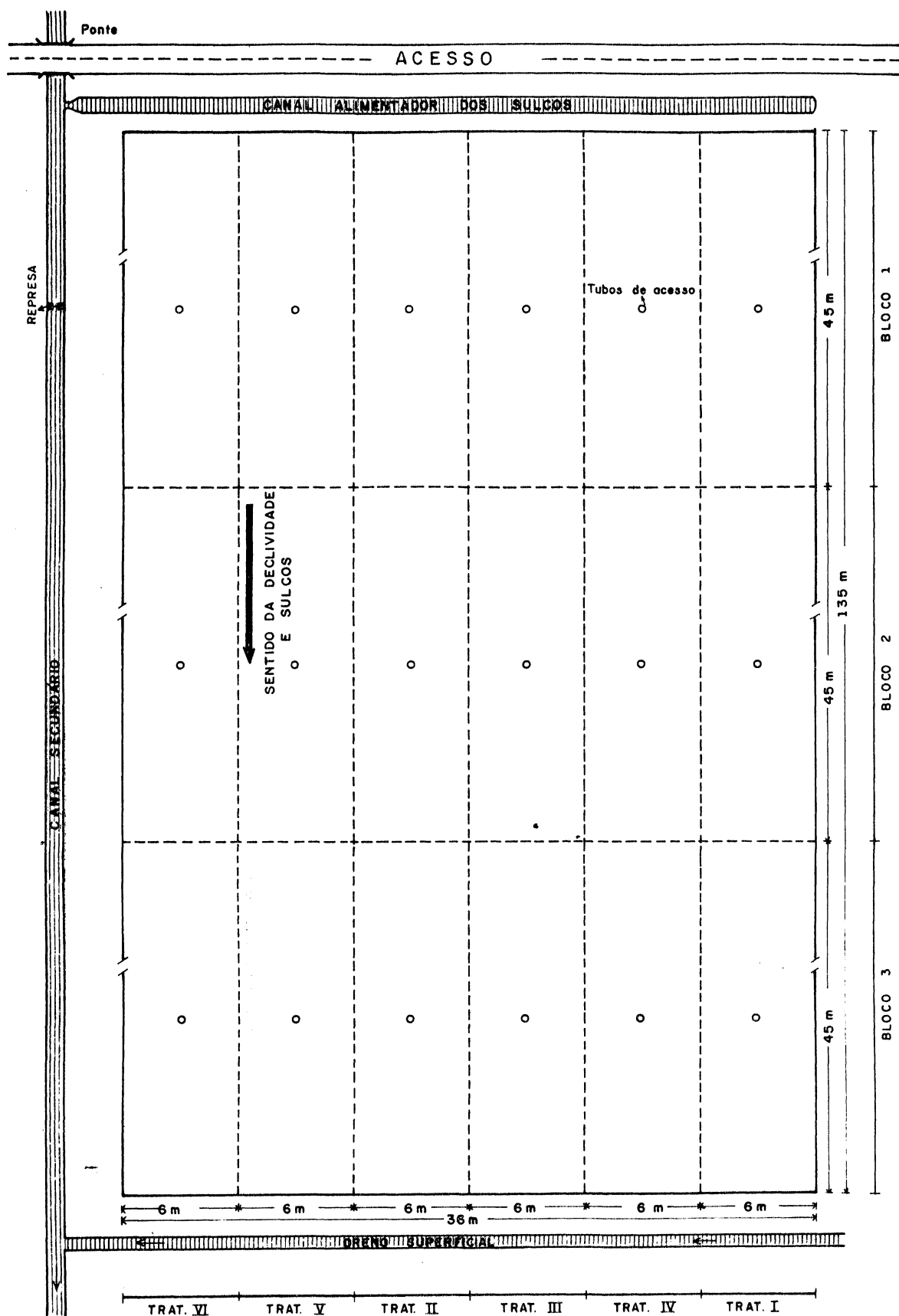
Tratamento II .. Irrigação no subperíodo 5 a 6 folhas- 50% do pendoamento (período de "pico de crescimento vegetativo");

Tratamento III . Irrigação no subperíodo 50% do pendoamento -75% do espigamento (período de "florescimento");

Tratamento IV .. Irrigação no subperíodo 50% do espigamento -maturação leitosa (período de "enchimento de grãos");

Tratamento V ... Irrigação no subperíodo 5 a 6 folhas-maturação leitosa;

Tratamento VI .. Irrigação durante todo ciclo da cultura (semeadura-maturação fisiológica).



ESCALA 1:300

FIGURA 01 - CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL, NA EEA - IRGA, CACHOEIRINHA

Cada parcela foi formada por dez fileiras de plantas, cujas filas tiveram espaçamento de 0,6 m e comprimento de 45,0 m, totalizando assim, uma área de 270 m² (6,0m x 45,0m). Desta, 126 m² (3,6m x 35,0m) constituiu a área útil da parcela após a eliminação das bordaduras laterais (duas fileiras de cada lado) e extremidades de fileiras (5,0m em cada extremidade). A área total do campo experimental representado pelas dezoito parcelas foi de 4.860 m².

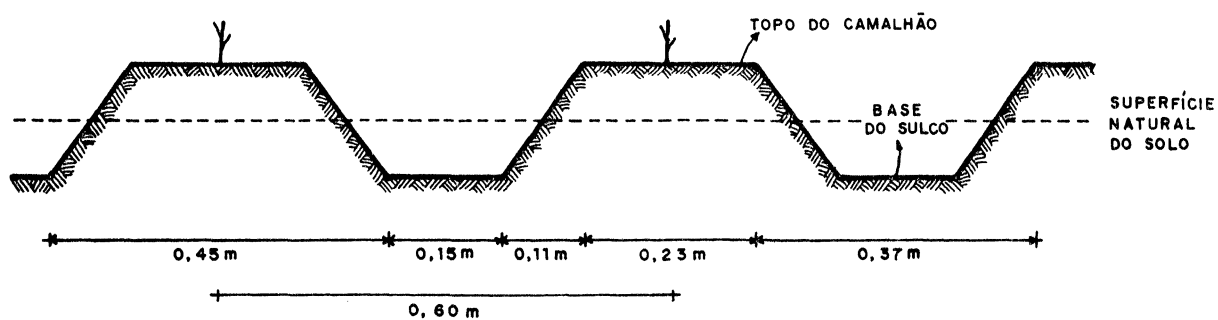
3.3. PRÁTICAS CULTURAIS.

O preparo do solo foi do tipo convencional, uma aração e duas gradagens, com subsequente sistematização do terreno para garantir o escoamento da água no sulco. As declividades originais foram substituídas pelas declividades de projeto, sendo nula no sentido transversal e 1,9% no sentido longitudinal ao da irrigação.

A cultivar de milho utilizada foi o híbrido precoce Agroceres-64A, de classe Amarelo, tipo Semiduro e porte médio.

A semeadura foi realizada no dia 19 de novembro de 1984, com o auxílio de um protótipo de implemento projetado para fazer, simultaneamente, a semeadura, a adubação, o sulco e o camalhão (Figura 2). O plantio foi realizado em linha sobre os camalhões e a densidade média obtida foi de três plantas germinadas por metro linear. Cada camalhão, espaçado de 0,6m entre si, comportou uma única fileira, o que determinou uma população aproximada de 50.000 plantas por hectare. Para garantir e uniformizar a germinação todas as parcelas foram irrigadas um dia após a semeadura.

A adubação de manutenção foi de acordo com a recomendação resultante da análise química do solo para o nível médio de rendimento previsto de grãos de milho (entre 4.000 e 6.000 kg/ha) utilizando a fórmula 15-60-20. Em cobertura, foram aplicados 90kg de nitrogênio por hectare aos 40 dias após a emergência, colocados manualmente entre as plantas, na fileira.



ALTURA DO CAMALHÃO	_____	0,15 m
LARGURA DO TOPO DO CAMALHÃO	_____	0,23 m
LARGURA DA BASE DO CAMALHÃO	_____	0,45 m
LARGURA DA BASE DO SULCO	_____	0,15 m
LARGURA SUPERIOR DO SULCO	_____	0,37 m
COMPRIMENTO DO SULCO	_____	135 m
DISTÂNCIA MÉDIA ENTRE CAMALHÕES	_____	0,60 m
NÚMERO CAMALHÕES POR PARCELA	_____	10
TALUDE DO CAMALHÃO	_____	1:1,3636

FIGURA 02 - ESQUEMA DOS SULCOS E CAMALHÕES DA ÁREA EXPERIMENTAL, NA EEA - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

O controle de ervas daninhas foi executado aos 35 dias após a emergência, com um arado de tração animal com ponteiro do tipo "bico-de-pato", passando-o por dentro do sulco. Em cima do camalhão, efetuou-se capinas com enxada manual nos locais mais infestados. Quanto ao ataque de pragas, a lagarta do cartucho (Spo - doptera frugiperda Smith & Abbot, 1979) atacou, indistintamente nos tratamentos, cerca de 90% das plantas vistoriadas durante o período de crescimento vegetativo, porém não foi possível efetuar o controle devido a indisponibilidade de um pulverizador adequado.

3.4. CONTROLE DE UMIDADE DO SOLO, LÂMINA DE ÁGUA APLICADA E TEMPOS DE IRRIGAÇÃO.

As variações da umidade do solo, durante a condução do experimento, foram acompanhadas pelo método de moderação de nêutrons, de acordo com metodologia descrita por BELTRAME & TAYLOR (1980) em calibração específica para tubo de PVC e planossolo franco-arenoso da unidade de mapeamento Vacacaí. As leituras com a sonda de nêutrons foram feitas em cinco profundidades, 15-25-45-65-85 cm, com três repetições, nos dezoito tubos de acesso (PVC) instalados no centro de cada parcela, no topo do camalhão.

O cálculo da umidade do solo, para fins de projeto, foi baseado na média ponderada obtida a partir das leituras feitas no perfil do solo e de suas respectivas profundidades. Para isto, os teores de umidade encontrados nas profundidades de 15cm, 25cm e 45 cm foram admitidos como sendo a umidade média existente nas camadas de 0-20 cm, 20-35cm e 35-50 cm, respectivamente (o valor adotado como profundidade efetiva das raízes foi 50 cm).

Sempre que o potencial matricial do solo atingiu valores em torno de 1,5 atm (20,8% de umidade, vide Figura 3), executou-se a suplementação de água naqueles tratamentos que, por ora, deviam ser irrigados. A manutenção desta tensão abaixo de 1,5 atm teve como objetivo manter o solo com umidade acima do limite hídrico inferior (LHI) escolhido, e o critério utilizado para a adoção deste valor foi feito através da análise e interpretação da curva

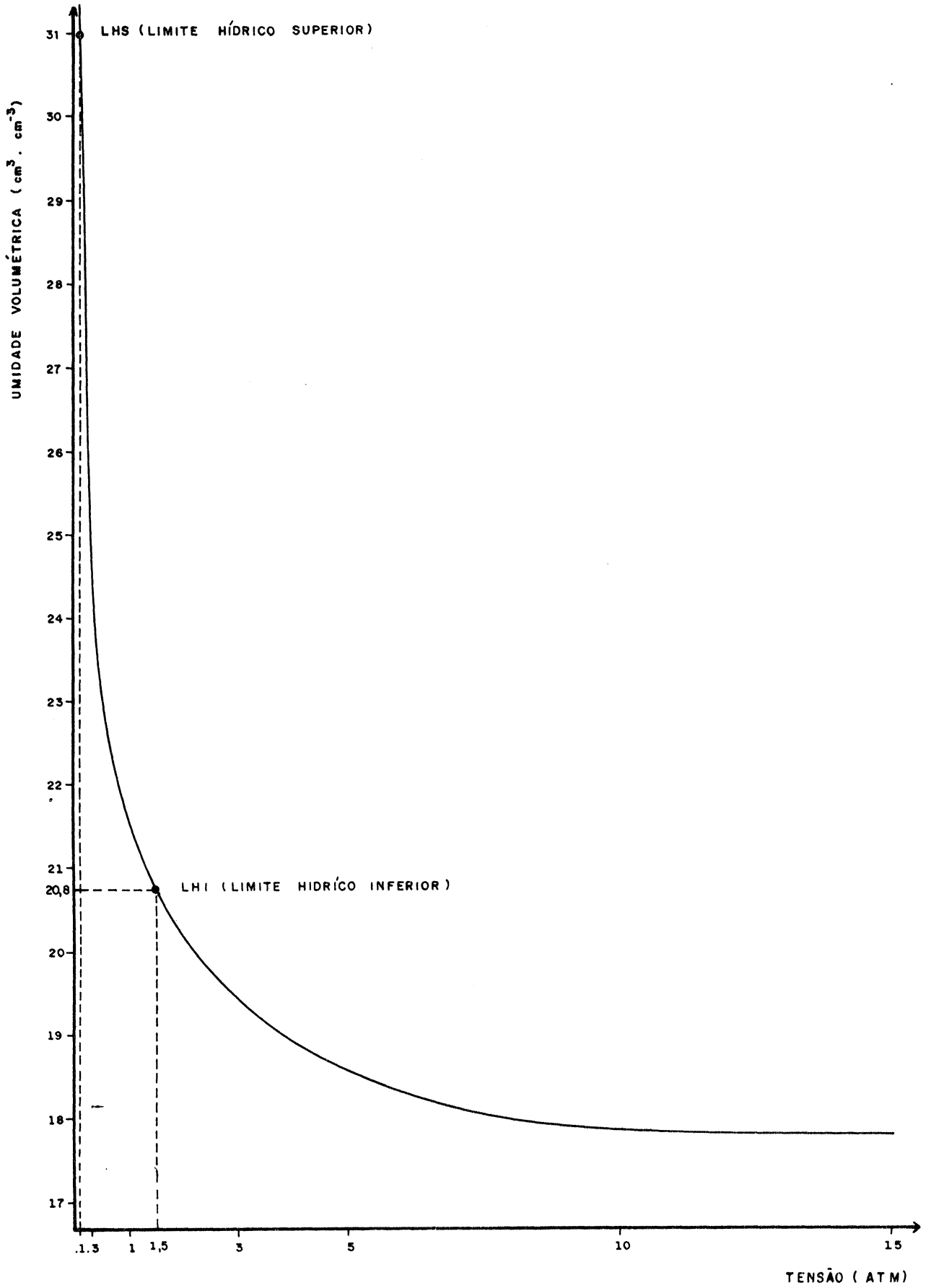


FIGURA 03 - CURVA CARACTERÍSTICA DE UMIDADE DO PLANASSOLO VACACÁ (EEA - IRGA, CACHOEIRINHA, RS)

característica de umidade do solo. Considerando que, para o milho, normalmente são adotados valores de limite hídrico inferior que variam de 0,5 a 1,0 atm, percebe-se pela curva que há pequena variação da umidade entre estas tensões e a de 1,5 atm. Como o método de irrigação utilizado não era automatizado e sim trabalhoso, optou-se pelo último valor que garante um turno de rega (período entre duas irrigações consecutivas) maior.

A dose de irrigação, que é a altura de lâmina de água aplicada às parcelas para suprir o consumo de água, foi calculada a partir dos dados de umidade do solo cotejados para os limites hídricos (inferior e superior), conforme a Figura 3. O limite hídrico superior (LHS), que é uma função do solo, foi estabelecido como sendo a umidade equivalente ao potencial matricial de 0,1 atm.

De acordo com o limite hídrico inferior e superior adotado e a curva característica de umidade do solo, a dose líquida aplicada por irrigação foi calculada em 51mm:

$$\begin{aligned} \text{Dose} &= \frac{\theta_{\text{LHS}} - \theta_{\text{LHI}}}{100} \cdot Pe \\ &= \frac{31,0 - 20,8}{100} \cdot 500 \\ &= 51 \text{ mm} \end{aligned}$$

onde, θ_{LHS} = umidade volumétrica no limite hídrico superior (%);

θ_{LHI} = umidade volumétrica no limite hídrico inferior (%);

Pe = profundidade efetiva do sistema radicular (mm).

Esta dose, derivada de um canal secundário (vide Figura 1) com auxílio de sifões, foi aplicada em duas etapas. Inicialmente determinou-se uma vazão máxima não erosiva, 2,16 l/s, que era aplicada durante aproximadamente 20 min (tempo de avanço da água no sulco), e posteriormente reduzida para 0,30 l/s e operada durante 1 h e 40 min, obtendo assim, um tempo total de irrigação de

2 h. O cálculo do tempo de irrigação para aplicar a dose necessária, foi desenvolvido conforme metodologia descrita por BERNARDO (1982), p.260.

3.5. OBSERVAÇÕES FENOLÓGICAS.

Para identificar os subperíodos da cultura durante o seu ciclo de desenvolvimento, foram observadas as seguintes ocorrências fenológicas:

- Semeadura;
- Emergência (50% das plântulas com coleóptilo acima da superfície do solo);
- 5 a 6 folhas (adotou-se como sendo 30 dias após a germinação);
- 10% do pendoamento (10% das plantas com pendão visível);
- 50% do pendoamento ou pendoamento propriamente dito (50% das plantas com pendão visível);
- 75% do espigamento ou espigamento propriamente dito (75% das plantas com estiletes maiores ou iguais a 3 cm);
- Maturação leitosa (grãos em estado leitoso, de difícil caracterização a campo. A amostragem foi feita no terço inferior da espiga);
- Maturação fisiológica (final do acúmulo de matéria seca no grão, caracterizado a campo pelo aparecimento de uma mancha preta na base do grão).

O registro desses dados permitiram determinar a duração, em número de dias, dos subperíodos semeadura-emergência (S-E), emergência-5 a 6 folhas (E-5 a 6 f), 5 a 6 folhas-50% do pendoamento (5 a 6 f-P), 50% do pendoamento-75% do espigamento (P-Es), 75% do espigamento-maturação leitosa (Es-ML), maturação leitosa - maturação fisiológica (ML-MF) e do ciclo completo, ou seja, semeadura-maturação fisiológica (S-MF).

3.6. RENDIMENTO DE GRÃOS E OUTRAS CARACTERÍSTICAS DA PLANTA.

No final do ciclo foram observados, na área útil de cada parcela, a estatura de planta, o diâmetro do colmo, o número de plantas acamadas e a área foliar. A determinação da estatura foi feita medindo-se dez plantas desde a base do colmo (nível do solo) até a extremidade superior do pendão e a determinação do diâmetro, tomando-se os dez colmos a uma altura de 10cm da base. A planta foi considerada acamada quando o colmo formou um ângulo de inclinação maior do que 30 graus em relação a vertical e, como amostra, utilizou-se cinquenta plantas. A determinação da área foliar foi obtida através do método de Montgomery (FRANCIS et alii, 1969) multiplicando o produto do comprimento e da largura da folha pelo índice de correção 0,75 para todas as folhas de cada uma das três plantas observadas por tratamento. A razão entre a área foliar e a área do solo ocupada por planta, forneceu o índice de área foliar (IAF). Esta medição ficou prejudicada por ser realizada no final do ciclo, quando algumas folhas apresentavam apenas a nervura central e outras já não tinham suas extremidades.

Por ocasião da colheita, dia 12/04/86, foram observados o número de plantas com uma, duas ou sem espigas em vinte e xemplares por parcela. A colheita das espigas foi feita em todas as plantas contidas na área central de cada parcela útil, formada pelas seis fileiras e com 4,0m de comprimento (14,4 m²). A contagem do número de planta nestas parcelas onde foram colhidas as espigas foi totalmente perdida, o que dificulta a reconstituição dos componentes do rendimento. Após a debulha manual, os grãos foram pesados, levados a estufa por 48h a temperatura de 105^oC, novamente pesados para determinar a porcentagem de umidade, e feita a correção do peso para 15,5% de umidade. Ao mesmo tempo foi determinado o peso médio de mil grãos.

Durante a colheita das espigas, foram selecionadas seis plantas representativas (uma de cada tratamento) para determinação da matéria seca acumulada no final do ciclo. Para isso, o

o colmo da planta foi cortado rente ao solo e, no laboratório, as diferentes partes (colmo, folhas, palha da espiga, sabugo, grãos e pendão) foram separadas, pesadas e colocadas na estufa a 70°C até atingir peso constante, para posterior determinação do peso seco final. Como se utilizou apenas uma amostra por tratamento, tomou-se o cuidado de escolher uma planta que fosse característica das três repetições, considerando principalmente a espessura do colmo, a estatura, o espaçamento, a área foliar e o número de espigas. A amostragem do sistema radicular, desta planta escolhida, foi extraída em bloco de terra nas profundidades de 50-150 mm e 150-250 mm no local intermediário entre aquela e outra planta da fileira (as duas plantas eram espaçadas de aproximadamente 0,33 m conforme padrão do experimento). Para esta amostragem utilizou-se cilindros de PVC com 10cm de altura e 15cm de diâmetro. Conforme metodologia descrita por LOPES & MAESTRI (1981) e CASTILHOS & ANGHINONI (1983), para determinação do peso seco, as amostras foram lavadas sobre peneiras com a finalidade de eliminar o solo para separação das raízes. As duas amostras de raízes retiradas por planta e por tratamento, foram relacionadas entre si a fim de permitir a análise da distribuição do sistema radicular no perfil do solo. Não foi possível verificar a profundidade máxima atingida pelo sistema radicular, devido ao estado de saturação com que o solo se encontrava durante o período de coleta de dados.

A quantidade de água consumida para produzir 1 kg de grãos, foi analisada com a finalidade de determinar o(s) subperíodo(s) que melhor responde(m) à irrigação suplementar. Para esse cálculo foi considerado tanto a lâmina de irrigação aplicada nos subperíodos como a de precipitação ocorrida ao longo do ciclo da cultura. Finalmente, foi determinado se havia ou não uma correlação entre os dados obtidos nos seis tratamentos.

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Os dados obtidos nos seis tratamentos foram submetidos a análise da variância e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Com intuito de corrigir o quadrado médio do erro experimental aos dados referentes a

porcentagem de plantas com uma, duas e sem espigas, foram transformados em arco seno \sqrt{y} para efeito da análise da variância. Os mesmos foram analisados, estatisticamente, segundo metodologias descritas por GOMES (1966) e por MARKUS (1973).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR.

Durante a condução do experimento houve irregularidades na distribuição das precipitações pluviométricas como pode ser visto no Quadro 3, sendo que o ciclo de crescimento da cultura foi marcado por estiagem sucedida de período chuvoso. Os estádios correspondentes a germinação, crescimento vegetativo, florescimento e ainda os primeiros dias do enchimento de grãos coincidiram com a estiagem. A partir daí, as chuvas foram abundantes até a fase da maturação fisiológica, e só não houve alagamento na área experimental porque o terreno foi previamente sistematizado para garantir o escoamento normal da água nos sulcos.

Considerando que o plantio do híbrido foi efetuado em novembro/84, basta uma simples verificação dos dados pluviométricos contidos no Quadro 3, para se perceber que as lâminas parciais de água de precipitação ocorrida até meados da segunda quinzena de fevereiro/85, foram insuficientes para manter o solo em nível ótimo de umidade, ou seja, próximo a capacidade de campo. Obviamente que o problema de deficiência hídrica ainda é mais grave, pois estes valores correspondem a precipitação total e não a efetiva. Através do Quadro 2, percebe-se que mesmo jogando com a época de semeadura é impossível fugir às deficiências hídricas que assolam esta região nos meses de primavera/verão.

Conforme as datas de ocorrência das fases fenológicas dos tratamentos (Apêndice 2), suas respectivas durações (Apên-

QUADRO 03 - VALORES DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA (MM)
 VERIFICADOS DURANTE O CICLO DO MILHO HÍBRIDO
 AGROCERES 64-A (NOV/ABR), EM 1984/85.
 E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.
 (DADOS DA PRÓPRIA ESTAÇÃO)

DIA	M E S E S					
	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
1	29,0	5,8	-	-	-	-
2	0,4	-	-	-	-	25,4
3	0,8	-	0,1	3,4	-	17,2
4	-	-	-	-	-	-
5	10,0	8,3	-	-	-	-
6	-	4,5	6,4	-	-	0,5
7	-	-	2,0	1,0	3,0	0,2
8	19,8	-	-	3,3	12,0	-
9	-	-	-	8,5	48,8	-
10	-	-	-	-	0,4	5,1
11	-	-	0,5	-	1,0	-
12	-	-	-	1,4	-	-
13	-	-	-	12,2	-	-
14	-	-	-	28,0	-	6,3
15	-	-	17,7	-	10,3	28,0
16	-	1,2	-	-	-	-
17	-	5,5	-	-	-	0,4
18	-	-	-	36,0	9,1	-
19	-	-	-	4,3	-	-
20	-	0,3	-	0,3	22,3	-
21	-	-	4,0	-	-	-
22	-	-	3,7	-	12,0	-
23	12,5	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	26,7	-
25	-	-	-	-	-	8,0
26	-	-	9,2	4,4	22,2	-
27	-	-	0,7	-	4,9	-
28	-	-	-	-	15,7	23,8
29	-	2,3	-	-	5,4	11,2
30	2,4	-	-	-	-	-
TOTAL	74,9	27,9	44,3	102,8	193,8	126,7

dice 3) e os dados de precipitação do Quadro 3, observa-se que a necessidade de irrigação, em caráter suplementar, se fez presente desde a fase de germinação até cerca de uma semana após a polinização. O ciclo médio da cultura, entre tratamentos, foi de 142 dias e o período de estiagem durante o mesmo somou aproximadamente 90 dias. Ao mesmo tempo, assumindo que os períodos sensíveis à escassez de umidade se estendem da germinação ao enchimento de grãos, excluindo apenas o subperíodo maturação leitosa-maturação fisiológica (IRRIGATION, 1976), tal estiagem englobou nada menos que 87% deste período que durou 104 dias.

Com deficiência hídrica no solo num espaço de tempo tão longo e importante para a planta, era de se esperar pelo menos um comprometimento na produtividade de grãos. Isto realmente aconteceu como se pode ver no Quadro 4 ao comparar os rendimentos de grãos da testemunha (3.505 kg/ha) e do tratamento VI (6.107 kg/ha), e no Quadro 5, ao comparar as estaturas de plantas de ambos (187 cm e 249 cm).

Os próprios valores de lâmina de água aplicada por irrigação, para evitar que a umidade do solo não atingisse níveis abaixo do limite hídrico inferior adotado ($0,208 \text{ cm}^3 \text{ água/cm}^3 \text{ solo}$), demonstram claramente o que foi dito acima. Durante o período seco houve necessidade de irrigar as plantas dez vezes (Apêndice 4), totalizando uma lâmina suplementar de 510 mm, quando a precipitação acumulada neste período foi de 145 mm. Mesmo que a precipitação total fosse igual a efetiva (na verdade é quase sempre menor) o volume de água de irrigação para atender a demanda durante os primeiros 90 dias do ciclo da cultura representaria cerca de 78% do total de 655 mm, já que as chuvas teriam suprido apenas 22% das exigências hídricas neste período.

Os resultados acima permitem afirmar que as deficiências hídricas ocorrem com muita frequência ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, e com uma magnitude considerável, principalmente naqueles meses em que normalmente se verificam os períodos mais críticos do milho em relação a falta de água.

QUADRO 04 - PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DO RENDIMENTO MÉDIO OBTIDOS EM RESPOSTA A DIFERENTES TRATAMENTOS DE IRRIGAÇÃO DO MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A, EM PLANOSSOLO VACACAÍ - E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS, 1984/85.

TRATAMENTOS	PRODUTIVIDADE DE GRÃOS (kg/ha) 15,5%U	PESO MIL GRÃOS (g) 15,5%U	GRÃOS POR ESPIGA (nº)	FILEIRAS GRÃOS POR ESPIGA (nº)	PLANTAS * ESTÉREIS (%)	PLANTA COM * DUAS ESPIGAS (%)	ESPIGAS* ESTÉREIS (%)	ESPIGAS POR AMOSTRA (nº/14,4 m ²)
I	3.505 c**	338 a	246 b	10,5 b	17 a	37 a	22 a	71 a
II	4.661 b	313 a	342 a	12,1 a	4 ab	30 a	11 a	70 a
III	4.598 b	321 a	335 a	12,0 a	0 b	35 a	14 a	67 a
IV	3.316 c	329 a	263 b	11,0 b	15 a	20 a	19 a	63 a
V	6.382 a	320 a	369 a	12,0 a	0 b	45 a	14 a	86 a
VI	6.107 a	330 a	378 a	12,1 a	0 b	32 a	15 a	79 a

(*) Dados transformados em arco seno \sqrt{Y}

(**) Numa coluna, valores das médias seguidos da mesma letra(s) não são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de DUNCAN.

QUADRO Q5 - DADOS FENOMÉTRICOS MÉDIOS OBTIDOS EM RESPOSTA A DIFERENTES TRATAMENTOS DE IRRIGAÇÃO DO MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A, EM PLANOSSOLO VACACAÍ - E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS, 1984/85.

TRATAMENTOS	ALTURA DE PLANTA (cm)	COMPRIMENTO DE ESPIGA (mm)	DIÂMETRO DE ESPIGA (mm)	DIÂMETRO DE COLMO (mm)	I.A.F. (cm ² /cm ²)
I	187 c **	123 a	43,1 a	23,7 a	2,56 a
II	222 b	131 a	44,5 a	22,7 ab	3,08 a
III	218 b	132 a	44,8 a	20,5 b	2,80 a
IV	206 b	128 a	41,8 a	21,5 ab	2,76 a
V	258 a	140 a	44,4 a	20,4 b	3,19 a
VI	249 a	144 a	46,4 a	20,4 b	2,87 a

(**) Numa coluna, valores das médias seguidos da mesma letra(s) não são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de DUNCAN.

4.2. OCORRÊNCIAS FENOLÓGICAS.

As datas de ocorrência e a duração dos respectivos subperíodos e do ciclo do híbrido, bem como a fenologia média dos tratamentos, estão relacionados nos Apêndices 2 e 3.

A germinação das sementes ocorreu de forma uniforme em todas as unidades experimentais. Certamente isto não seria possível, caso não tivesse sido efetuada uma irrigação logo após a sementeira, uma vez que nesta época (final de novembro) a estiagem já se fazia sentir, conforme evidencia o Quadro 3. A ocorrência de deficiência ou excesso hídrico neste período, implica em muitas falhas de germinação e em prejuízo ou morte das plântulas.

De um modo geral, a variação observada, entre os tratamentos, na duração dos subperíodos e do ciclo do híbrido foi muito pequena. Embora todo o experimento tenha sido implantado simultaneamente estas pequenas variações resultantes podem ser consideradas normais, haja visto a diferenciação adotada na lâmina de água aplicada por irrigação nos diferentes subperíodos e tratamentos (Quadro 6).

A restrição de umidade durante o período de crescimento vegetativo pode determinar a antecipação ou irregularidade no início do pendoamento e isto aconteceu nos tratamentos I e IV, pois o subperíodo 10% do pendoamento-50% do pendoamento foi mais amplo que os demais. Outro fator que pode ter influenciado nos dados fenológicos apresentados é o erro de observação, face a dificuldade de se fazê-la à campo. De qualquer forma, os resultados encontrados para a cultivar estão de acordo com outros obtidos por KÖLLER (1972) e MATZENAUER (1980), utilizando híbridos de ciclo precoce ou médio, na mesma região climatológica do Estado, e também, com dados fornecidos por BRESOLIN et alii (1983) da mesma cultivar, obtidos em 15 municípios.

QUADRO 06 - LÂMINAS DE ÁGUA PRECIPITADA E APLICADA POR IRRIGAÇÃO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS, EM MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A, 1984/85.
E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

ÁGUA APLICADA DURANTE O CICLO (mm)	T R A T A M E N T O S					
	I	II	III	IV	V	VI
Lâmina de irrigação inicial	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0
Lâminas de irrigação	-	255,0	102,0	0,0	357,0	459,0
Precipitação ocorrida nos períodos críticos conside- rados.	-	46,7	16,2	85,2	148,1	432,8
Precipitação total no ciclo	427,1*	427,1*	432,8**	427,1*	432,8**	432,8**
Lâmina total no ciclo	478,1	733,1	585,8	478,1	840,8	942,8

(*) Ciclo de 140 dias

(**) Ciclo de 144 dias

4.3. RENDIMENTO DE GRÃOS, ALGUNS DE SEUS COMPONENTES E OBSERVAÇÕES FENOMÉTRICAS.

Os valores de rendimento de grãos foram mais altos quando a suplementação de água abrangeu, no mínimo, os três períodos críticos da cultura (subperíodo 5 a 6 folhas - maturação leitosa), sendo 6.382 kg/ha pelo tratamento V e 6.107 kg/ha pelo tratamento VI. A maior variação verificada foi 3.066 kg/ha entre os tratamentos V e IV.

A comparação feita através do teste de Duncan (Quadro 4) indica não haver diferença estatística entre os tratamentos V e VI, II e III e, I e IV; mas entre estes agrupamentos a diferença existe e é significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Submetendo os dados dos componentes do rendimento à análise de variância, verificou-se que não houve diferença significativa no peso de mil grãos, na porcentagem de espigas estéreis, na porcentagem de plantas com duas espigas e no número de espigas por amostra entre os diversos tratamentos. Por outro lado, o número de grãos por espigas sofreu redução significativa nos tratamentos que não receberam suplementação de água durante ou imediatamente antes da floração. O mesmo aconteceu com o número de fileira de grãos por espiga, pois tanto a testemunha como o tratamento IV, diferenciaram-se estatisticamente dos demais. A porcentagem de plantas estéreis variou principalmente em função das parcelas que sofreram ou não restrição de umidade durante o período de florescimento. Os tratamentos com irrigação neste período não apresentaram plantas sem espigas. Não foi possível fazer a reconstituição do rendimento através dos seus componentes devido ao fato de ter sido considerado apenas o número médio de plantas por parcela.

O comprimento e o diâmetro da espiga, vide Quadro 5, não foram afetados pelos tratamentos. Os maiores valores de altura de plantas foram obtidos nos tratamentos V e VI e, os menores, pela testemunha. Normalmente, a planta pode sofrer reduções na sua estatura em decorrência de excessos ou deficiências de umidade du-

rante o período de desenvolvimento vegetativo (JOSHI & DASTANE, 1965), mas mesmo as plantas da testemunha alcançaram estatura média que se enquadra nos padrões característicos da própria cultivar, segundo dados médios de 15 localidades do Estado (BRESOLIN et alii, 1983).

Quanto ao diâmetro de colmo, a testemunha não diferenciou estatisticamente apenas dos tratamentos II e IV, mas estes, também não apresentaram variação significativa com relação aos tratamentos III, V e VI.

Através da análise de variância, verificou-se que não ocorreu variação significativa quanto ao índice de área foliar dos respectivos tratamentos, apesar de que todo crescimento vegetativo das plantas da testemunha coincidiu com o período de estiação. Este fato pode ser explicado pela época em que foi determinada a área foliar, pois quando feita no final do ciclo, como é o caso, torna-se sujeita a erros devido a senescência e queda de algumas folhas.

As médias da matéria seca da parte aérea, por tratamento, determinadas no final do ciclo de desenvolvimento encontram-se listadas no Apêndice 5, bem como os dados específicos de diferentes partes da planta (colmo, folhas, grãos + sabugo e palha da espiga + pedúnculo + pendão). Os maiores valores observados foram justamente daqueles tratamentos que receberam irrigações em algum subperíodo no crescimento vegetativo e/ou no florescimento.

Os dados de matéria seca das raízes no final do ciclo e de duas profundidades, para os respectivos tratamentos, estão no Apêndice 6. As relações estabelecidas entre as profundidades 50-150 mm/150-250 mm mostraram-se baixas nos tratamentos I e IV, e atingiu valor máximo no tratamento VI, sujeito à suplementação de água durante todo o ciclo. O encharcamento do solo na fase final de coleta de dados, impossibilitou a determinação da profundidade máxima atingida pelas raízes nas diversas parcelas, o que

auxiliaria na percepção de como ocorreu a expansão radicular no perfil. Entretanto, os valores obtidos no Apêndice 6 podem evidenciar que as plantas dos tratamentos I e IV, as quais não foram irrigadas durante o período de crescimento vegetativo e de florescimento, apresentaram melhor distribuição vertical das raízes que os demais.

Independente de tratamento, em 09/03/85 houve um acamamento generalizado em virtude de ventos de até 100 km/h ocorridos pela parte da noite. O percentual de plantas acamadas ultrapassou a marca de 97% em todas as parcelas. Não foi possível avaliar o prejuízo em termos de rendimento, porém pode ser que o mesmo não tenha sido considerável pois o milho já se encontrava num período pouco crítico com relação ao excesso hídrico (subperíodo maturação leitosa-maturação fisiológica) e poucas espigas ficaram em contato com o solo encharcado. O problema do acamamento pode ser uma consequência do plantio em camalhões.

4.4. EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE ÁGUA E O RENDIMENTO DO MILHO.

Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos (Quadrôs 4 e 5) evidenciam ganhos em produtividade alcançados com a irrigação, sendo que as diferenças mostraram-se significativas ao nível de 5% de probabilidade.

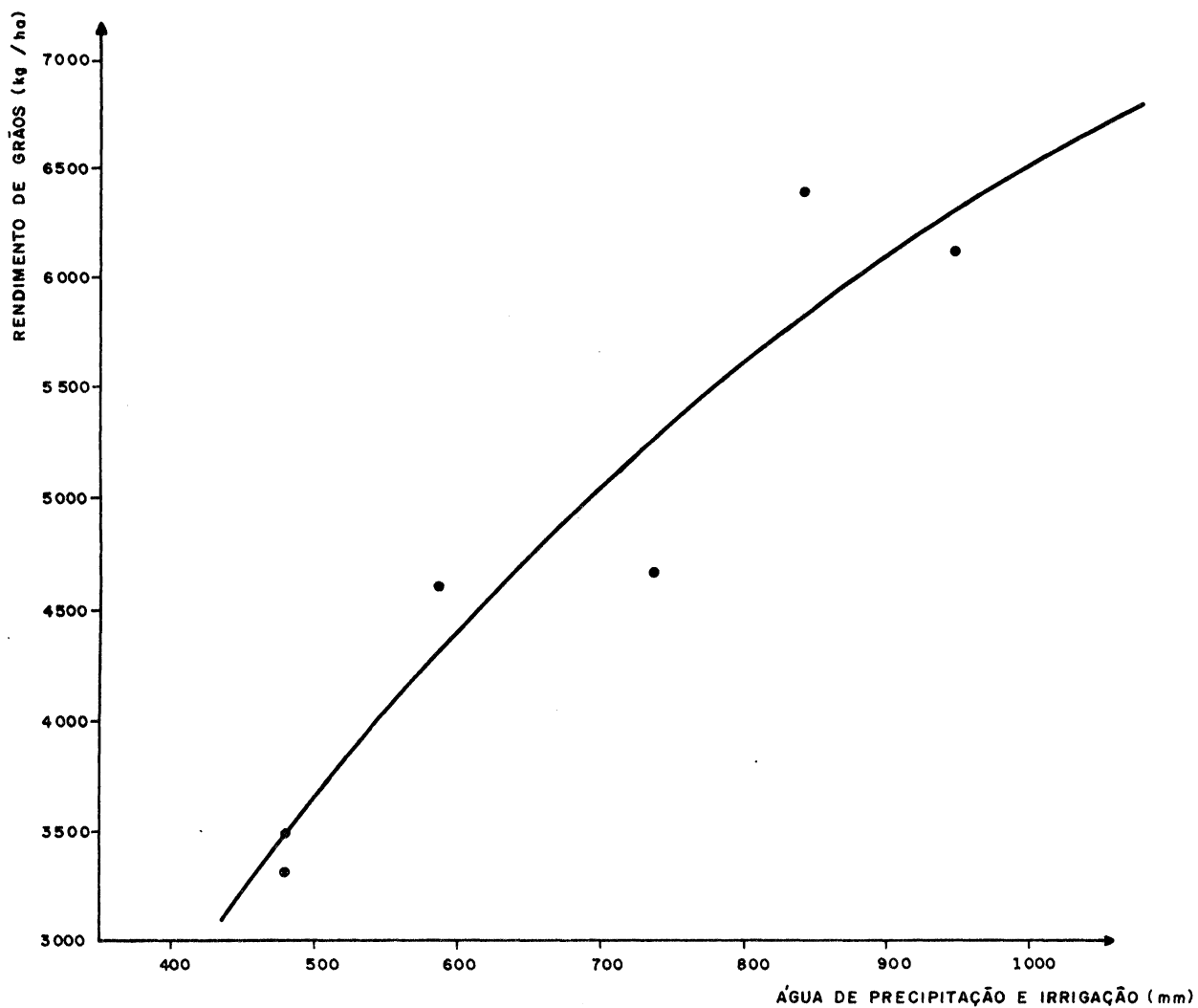
A suplementação de água ministrada nos três períodos críticos e durante todo ciclo da cultura propiciou maior produtividade de grãos, podendo ser atribuído à irrigação um incremento da ordem de 82% e 74%, respectivamente, em relação a testemunha. Estes dados concordam com os alcançados por MOTA & ROSINHA (1955) e UIT DEWILLINGEN (1971), cujos experimentos também foram implantados à campo na mesma época de cultivo e em anos diferentes, o que de certa forma, acusa frequentes ocorrências de deficiência hídrica em solos do Estado, tal como foi citado no trabalho de BELTRAME et alii (1979).

Observou-se ainda, rendimentos satisfatórios nos tra

tamentos com irrigação em períodos específicos como o pico de crescimento vegetativo (subperíodo 5 a 6 folhas-pendoamento) e florescimento. Os menores rendimentos de grãos foram apresentados pelo tratamento sujeito a suplementação de água durante o enchimento de grãos e pela testemunha. Entretanto, como as lâminas de irrigação eram aplicadas quando a umidade do solo atingisse o limite hídrico inferior ($0,208 \text{ cm}^3$ de água/ cm^3 de solo) não houve oportunidade para tal durante o período de enchimento de grãos conforme estava previsto inicialmente. Assim sendo, as lâminas totais dos tratamentos I e IV são idênticas (vide Quadro 6), e correspondem ao somatório da precipitação mais lâmina aplicada após a semeadura para promover e uniformizar a germinação.

Através do ajuste da curva de regressão de segunda ordem (vide Figura 4), percebe-se que o rendimento de grãos correlacionou-se significativamente com a lâmina total de água precipitada mais a de irrigação sobre os diferentes tratamentos. Independente de subperíodos, o coeficiente de correlação ($r=0,95$) indica haver alguma associação entre a quantidade de água aplicada ao longo do ciclo e o rendimento de grãos, mas como se pode observar na mesma figura, o incremento não é linear. Logicamente que vai depender também do período fenológico em que a água é aplicada e se esta é excessiva ou não. Para exemplificar isso, basta comparar os dados dos tratamentos V e VI, onde no primeiro, irrigou-se apenas nos três períodos mais críticos da cultura e com uma menor lâmina de água, obteve-se a mesma resposta em peso de grãos. Inclusive, todos os parâmetros analisados através do teste de Duncan (Quadros 4 e 5) mostraram não haver nenhuma diferença estatística entre ambos.

A diferença básica, neste caso, ficou por conta da lâmina total de água irrigada e precipitada. As parcelas do tratamento VI receberam um volume total de água equivalente a $9.428 \text{ m}^3/\text{ha}$ contra $8.408 \text{ m}^3/\text{ha}$ do tratamento V; promovendo um saldo diferencial pré-tratamento V de $1.010 \text{ m}^3/\text{ha}$. Naturalmente que desses valores totais, é necessário descontar uma fração da lâmina de chuva que se perde por interceptação, escoamento superficial e percolação profunda, logo esta lâmina precipitada não se refere a chuva efeti



$$y = -1.619,12378 + 12,907 x + (-0,00408) x^2$$

$r^2 =$ COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO = 0,90
 $r =$ COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO = 0,95
 $S_{xy} =$ ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA = 516,87

FIGURA 04 - CORRELAÇÃO ENTRE RENDIMENTO DE GRÃOS E LÂMINA DE PRECIPITAÇÃO MAIS IRRIGAÇÃO.

va. Na relação estabelecida entre a água de irrigação mais precipitação/produção de grãos (Apêndice 7), obteve-se para o tratamento V $1,32 \text{ m}^3/\text{kg}$, sendo que no tratamento VI esta relação subiu para $1,54 \text{ m}^3/\text{kg}$, comprovando que há maior eficiência na utilização de água pela cultura durante os períodos identificados como críticos. Fora disso, o milho pode não responder significativamente à suplementação de água (MILLER & DULEY, 1925; RHOADES et alii, 1954; HOWE & RHOADES, 1955; JONES et alii, 1957; SCHWAB et alii, 1958; GARD et alii, 1961; VÁSQUEZ, 1961). Foi justamente o que aconteceu, pois a escassez de chuva durante o subperíodo emergência-5 a 6 folhas (Quatro 3 e Apêndice 2 e 3) não afetaram negativamente o rendimento final de grãos no tratamento V, bem como a estatura de planta e a área foliar. Os resultados obtidos pelos dois tratamentos destacam a importância da irrigação suplementar, especialmente, quando se discute o período fenológico prioritário para proceder a mesma.

Utilizando ainda o conceito de chuva total e não efetiva, os tratamentos II, III e IV necessitaram, respectivamente, cerca de $1,57$, $1,27$ e $1,44 \text{ m}^3$ de água para produzir 1 (um) quilograma de grãos, demonstrando um maior aproveitamento no uso de água quando esta é aplicada especificamente durante o período de florescimento. A distribuição ordenada desses valores sugere que o consumo médio diário de água da cultura decresce na seguinte ordem: floração, enchimento de grãos e pico de crescimento vegetativo. Isto na verdade já foi comprovado por diversos pesquisadores como DENMEAD & SHAW (1959), DOSS et alii (1962), ENGLAND (1963), PIERRE et alii (1967), SPRAGUE (1977), MATZENAUER (1980), entre outros. O consumo de água durante o enchimento de grãos também é máximo apenas nos primeiros dez dias (IRRIGATION, 1976). A partir daí, o consumo começa a declinar gradativamente, sendo que o rendimento de grãos passa a ser menos dependente do fator umidade do solo. Mas na floração a evapotranspiração mantém-se em níveis elevados, de maneira que em termos médios, este período apresenta o maior índice de exigência em suprimento de água.

No caso de uma deficiência hídrica, a maior ou menor quebra na produtividade de grãos está em função do subperíodo em que a mesma ocorreu, tal como foi demonstrado por DENMEAD & SHAW

(1960). Sendo assim, na escolha do melhor momento para irrigação, ao considerar isoladamente cada um dos três períodos críticos, parece obedecer a mesma ordem citada anteriormente. No entanto, os resultados práticos mostraram que o problema é mais complexo. Recorrendo aos dados de rendimento do Quadro 4, percebe-se que o tratamento II, com irrigação no pico de crescimento vegetativo, a lêm de não diferenciar estatisticamente do tratamento III (irrigação na floração), superou até mesmo o tratamento IV (irrigação no enchimento de grãos). A princípio, esperava-se o contrário por não ter recebido suplementação de água justamente nos dois períodos mais críticos da cultura.

A explicação para estes resultados pode estar associada a boa capacidade de armazenamento de água no perfil do solo, vide curva característica na Figura 3. A manutenção da umidade do solo em níveis próximos à capacidade de campo durante o subperíodo 5 a 6 folhas-50% do pendoamento (pico de crescimento vegetativo) no tratamento II, pode ter acumulado no perfil do solo uma lâmina remanescente de água disponível que veio a beneficiar, em parte, o período fenológico subsequente, ou seja, a floração. Esta contribuição adquire maior importância quando se sabe que a floração do milho ocorre num espaço de tempo relativamente curto, em torno de sete dias, e que o sistema radicular neste período, normalmente já atingiu seus limites de expansão no interior do solo. A ilustração contida no Apêndice 8, mostra que a umidade do solo durante o período de florescimento, no tratamento II, encontrava-se em nível superior a do tratamento IV que até então não havia sido irrigado. Mesmo que esse teor de umidade tenha se mantido aquém do limite mínimo estabelecido ($0,208 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$), deve ter exercido alguma influência positiva sobre a polinização, pois o número de grãos por espiga foi igual ao do tratamento III e superior ao do tratamento IV.

Quando as chuvas são escassas e o suprimento de água de irrigação é limitado, a programação da época de irrigação deve basear-se em evitar as deficiências de água durante os períodos críticos do milho (DOORENBOS et alii, 1979). Conforme foi discutido anteriormente, as plantas irrigadas somente nos três perío

dos considerados mais críticos (pico de crescimento vegetativo, florescimento e enchimento de grãos) nivelaram-se com as do tratamento com irrigação durante todo o ciclo, alcançando o mesmo rendimento em grãos. Em termos econômicos isto é muito importante, pois a aplicação de um volume de água que não traz retorno, significa gastos desnecessários com mão-de-obra e energia. Mas quando o manancial de água é insuficiente mesmo para atender a demanda nos períodos mais sensíveis à deficiência hídrica, permanece a possibilidade de programação da irrigação utilizando apenas um período fenológico. A partir dos dados citados no parágrafo anterior, percebe-se que existe a opção de se irrigar apenas em um dos períodos, no caso, o pico de crescimento vegetativo ou o florescimento.

Sob o ponto de vista puramente econômico, basta uma simples comparação entre os valores de rendimento de grãos obtidos (Quadro 4) e os volumes de água consumidos (Apêndice 7), para entender que a irrigação realizada durante o florescimento foi mais importante e eficiente do que a realizada no pico de crescimento vegetativo. Entretanto, é preciso considerar que se a estiagem durante o período de crescimento vegetativo fosse mais forte, as plantas poderiam definhar havendo um comprometimento substancial da produtividade de grãos. Neste caso, a irrigação no subperíodo 5 a 6 folhas-pendoamento (pico de crescimento vegetativo) deve merecer maior atenção.

4.5. EFEITO DO USO DE CAMALHÕES.

O sistema de cultivo sobre camalhões propiciou efeitos benéficos ao impedir o alagamento temporário nas raízes das plantas por ocasião de algumas chuvas isoladas e, em especial, no final do ciclo quando estas ocorreram de forma excessiva (Quadro 3). Em experimentos feitos por ROSSI (1979), WINKLER (1979) e RAMOS et alii (1981) em solos com problemas de drenagem, as plantas de milho em parcelas com preparo normal desenvolveram-se, inicialmente, com menor estatura e apresentaram aspectos cloróticos bastante acentuados, em comparação com as plantas das parcelas com camalhões que, por sua vez, ficaram mais desenvolvidas e com coloração verde, mais intensa.

O uso de camalhões foi proveitoso desde a semeadura por possibilitar o umedecimento do solo através da irrigação superficial, sem riscos de causar alagamento para as sementes. Caso tivesse ocorrido períodos chuvosos durante a fase de germinação e no período de crescimento vegetativo das plantas, as vantagens do seu uso ficariam melhor evidenciadas ainda, pois o milho é muito sensível ao excesso de umidade nesta época, assim como na floração e no enchimento de grãos (DOORENBOS et alii, 1979).

Dados apresentados no Apêndice 6 permitem supor que entre as causas do acamamento ocorrido estão, provavelmente, o plantio em camalhões e a presença de camadas levemente compactadas a partir de 200 mm de profundidade, que não foram rompidas previamente (Quadro 1). Isto fez com que a expansão do sistema radicular ocorresse predominantemente no camalhão e no sentido horizontal, debilitando a fixação da planta. Outra razão fundamental pode estar relacionada às precipitações verificadas neste período fazendo com que o nível freático se elevasse algumas vezes até a superfície. Segundo WIERSMA (1959), MILLAR (1978) e MARTINEZ BELTRÁN (1981), tais oscilações são bastante prejudiciais à cultura e afetam o comportamento das raízes, restringindo-as às camadas superficiais, especialmente, aos camalhões. Por outro lado, apesar de haver diferença significativa entre tratamentos com relação a estatura de plantas, não se pode enumerá-la como mais uma das causas do acamamento, uma vez que este foi geral.

4.6. ESTIMATIVA DE CUSTOS.

A estimativa de custos foi baseada em dados fornecidos por técnicos das Assessorias Econômicas da FECOTRIGO e do IRGA, para a safra 1985/86. Para tal, considerou-se a lavoura de milho mecanizada sem e com irrigação aplicada em diferentes períodos fenológicos, bem como uma lavoura convencional, sem irrigação. O volume da barragem projetada somou 35.869 m³ e o da bacia hidráulica 1.434.750 m³, suficiente para irrigar uma lavoura de arroz com mais de 80 ha, permitindo a utilização racional da várzea através da rotação de culturas.

As maiores rentabilidades obtidas devem-se aos tratamentos V e VI, e a menor, ao tratamento IV (Quadro 7). A comparação de dados feita apenas entre os tratamentos que receberam irrigação, evidencia que o fator que preponderou sobre a renda líquida foi a produtividade, sendo que a variação no volume de água aplicado e o custo de mão-de-obra, praticamente, não a afetaram.

Por outro lado, a produtividade não exerceu maior influência na rentabilidade quando se comparou a lavoura mecanizada com e sem irrigação, já que o custo de implantação do sistema de irrigação, teve maior peso. O mesmo é válido ao comparar os dados obtidos entre a lavoura convencional não irrigada com a lavoura mecanizada com irrigação, pois no caso do tratamento IV, que obteve o dobro da produtividade em relação ao primeiro, percebe-se que teve a menor rentabilidade.

As produtividades obtidas nas parcelas experimentais dos tratamentos V e VI estão de acordo com a expectativa, segundo o nível de adubação utilizado (nível médio), mesmo porque, as plantas sofreram ataque intenso da lagarta do cartucho e houve excesso de umidade no solo nos dois últimos meses do ciclo. Caso houvesse sido aplicado um nível mais elevado de adubação, certamente teria-se uma resposta melhor no rendimento de grãos e, conseqüentemente, na rentabilidade.

QUADRO 07 - ESTIMATIVA DE CUSTOS DE PRODUÇÃO EM LAVOURA DE MILHO MECANIZADA COM E SEM IRRIGAÇÃO E LAVOURA CONVENCIONAL, POR HECTARE (SAFRA 1985/86)

PERIODOS IRRIGADOS	PRODUTIVIDADE (kg)	RENDABRUTA ⁽¹⁾ (Cz\$)	CUSTO DA LAVOURA NÃO IRRIGADA (Cz\$)	GASTOS COM IRRIGAÇÃO POR GRAVIDADE					CUSTO PRODUÇÃO LAVOURA IRRIGADA (Cz\$)	RENDALÍQUIDA (Cz\$)
				ÁGUA PARA DERIVAÇÃO ⁽²⁾ (m ³)	AÇUDE (Cz\$)	CANAIS E DRENOS (Cz\$)	AGUADOR (Cz\$)	CUSTO TOTAL (Cz\$)		
pico crescimento floração e mat. leitosa	6.383	8.426	4.177*	15.300	1.045	226	41	1.312	5.489	2.937
Todo ciclo	6.107	8.061	4.177*	23.570	1.045	226	50	1.321	5.498	2.563
pico de crescimento	4.661	6.153	4.177*	6.375	1.045	226	20	1.291	5.468	685
floração	4.598	6.069	4.177*	2.550	1.045	226	12	1.283	5.460	609
sem irrigação	3.505	4.627	4.177*	0	0	0	0	0	0	450
ench.grãos	3.316	4.377	4.177*	6.375	1.045	226	23	1.294	5.471	- 1.094
média do município	1.500	1.920	1.685**	0	0	0	0	0	0	235

OBS.: Para facilitar a apresentação da tabela, desprezou-se as duas casas depois da vírgula correspondente aos centavos.

(1) Calculado sobre o preço mínimo oficial - Cz\$ 79,20

(2) Calculado em função do número de irrigações previstas, considerando uma eficiência de irrigação de 50%

* Lavoura mecanizada, não arrendada

** Lavoura convencional, não arrendada.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nas condições em que foi implantado o experimento e conforme a análise dos dados obtidos, tornou-se possível estabelecer as seguintes conclusões e recomendações:

- a) A estiagem ocorrida durante o período de crescimento vegetativo e da floração causou pequena variação na ocorrência das diferentes fases fenológicas e na duração do ciclo do milho cultivado em várzea;
- b) O milho respondeu melhor à irrigação, especialmente quando aplicada somente nos três períodos críticos e durante todo o ciclo;
- c) Na ordem decrescente, os períodos fenológicos que apresentaram a maior eficiência em consumo de água foram, o florescimento, o enchimento de grãos e o pico de crescimento vegetativo;
- d) Dentre os três períodos críticos, com relação a deficiência hídrica, aquele que melhor respondeu à irrigação foi o florescimento (subperíodo 50% do pendoamento-75 % do espigamento);
- e) O cultivo de milho em planossolo Vacacaí utilizando técnicas apropriadas, incluindo a irrigação, mostrou-se viável por apresentar produtividades compatíveis com o valor esperado (entre 4 a 6 toneladas por hectare);

- f) Recomenda-se que sejam desenvolvidos mais estudos para verificar a resposta da cultura à suplementação de água, em solos de várzea, quando aplicada a partir do início do estágio 5 a 6 folhas e, cessada, em outras ocorrências fenológicas; e,
- g) Que seja realizada a análise econômica em função dos custos com irrigação e o acréscimo na produtividade de grãos. Para isso, sugere-se que sejam estabelecidas curvas função de produção para os diferentes subperíodos do ciclo do milho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. 1975. Modern crop production. 2.ed. Champaign, A&L. 378p.
2. BELTRAME, L.F.S. & TAYLOR, J.C. 1980. Uso da sonda de nêutrons para determinação da umidade do solo no campo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4:57-61.
3. BELTRAME, L.F.S. & TAYLOR, J.C. 1981. Drenagem das várzeas; método, máquinas e materiais. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 34(331):34-41.
4. BELTRAME, L.F.S.; TAYLOR, J.C.; CAUDURO, F.A. 1979. Probabilidade de ocorrência de déficits e excessos hídricos em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 79f.
5. BELTRAME, L.; RAMOS, P.; CAUDURO, F.; TAYLOR, J. 1980. Identificação, classificação e caracterização dos solos formadores da área de estudo (várzeas arrozeiras). Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. n.p.
6. BERGAMASCHI, H. 1973. Efeitos de níveis de umidade do solo sobre o rendimento de duas cultivares de soja (Glycine max (L) Merrill) em três épocas de semeadura. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 90f. Diss.Mestr.Irrigação e Drenagem.
7. BERMANN, B.; GINZO, D.; SORIANO, A. 1969. Eco-fisiología del maíz. L: relaciones entre la economía del agua y el crecimiento, en plantas de maíz con riego y sin riego. Revista de Investigaciones Agropecuarias, Série 2: Biología y Producción Vegetal, Buenos Aires, 6(3):35-64,abr.
8. BERNARDO, S. 1982. Manual de irrigação. Viçosa, Imprensa Universitária da UFV. 463p.

9. BERTRAND, A.R. & KOHNKE, H. 1957. Subsoil conditions and their effects on oxygen supply and the growth of corn roots. Proceedings Soil Science Society of America, Madison, 21(2): 135-40, Mar/Apr.
10. BRASIL Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1973. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife. 431p. (Boletim Técnico, 30).
11. BRESOLIN, M. et alii. 1983. Híbridos de milho recomendados para o estado do Rio Grande do Sul. IPAGRO Informa, Porto Alegre (26):73-81, fev.
12. BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; SACCOL, A.V.; HELDWEIN, A.B.; SCHNEIDER, F.M. 1980. Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no estado do Rio Grande do Sul. Revista do Centro de Ciências Rurais da UFSM, Santa Maria, 10 : 1-141, mar.
13. CASTILHOS, D.D. & ANGHINONI, I. 1983. Eficiência na absorção e disponibilidade de fósforo pelo milho em relação ao método de aplicação de fertilizante ao solo. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 19(1):43-55.
14. CAUDURO, Flávio A. 1971. Efeitos de épocas de semeadura, adubação e condições hídricas na cultura do milho. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 128p. Diss.Mestr. Solos.
15. COLIGADO, M.C.; AGLIBUT, A.P.; SANDOVAL, A.R. 1963. Agricultural drought and its effect on corn. Philipp.Agric., 46 : 602-17 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux. p.30.
16. CORDNER, H.B. 1942. The influence of irrigation water on the yield and quality of sweet corn and tomatoes with special reference to the time and number of applications. Proc.Amer.Soc.Hort.Sci, 40:475-82 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.29.
17. DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. 1959. Evaporation in relation to the development of the corn crop. Agronomy Journal, Madison, 51(12):725-26, Dec.

18. DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agronomy Journal, Madison, 52(5): 272-74, May.
19. DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agronomy Journal, Madison, 54: 385-90, Jan/Dec.
20. DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H.; BENTVELSEN, C.L.M.; BRANSCHIED, V.; PLUSJÉ, J.M.G.A.; SMITH, M.; UITTENBOGAARD, G.O.; VAN DER VAL; H.K. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 212p. (Estudio FAO: Riego y Drenaje,33).
21. DOSS, B.D.; BENNET, O.L.; ASHLEY, D.A. 1962. Evapotranspiration by irrigated corn. Agronomy Journal, Madison, 54:497-98, Jan/Dec.
22. ENGLAND, C.B. 1963. Water use by several crops in a weighing lysimeter. Agronomy Journal, Madison, 55(3):239-42, May/June.
23. FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Science, Madison, 9(5):537-39, Sept/Oct.
24. GARD, L.E.; MCKIBBEN, G.E.; JONES, B.A. 1961. Moisture loss and corn yields on a silt-pan soil as effected by three levels of water supply. Proceedings Soil Science Society of America, Madison, 25(2):154-57, Mar/Apr.
25. GODARD, M. 1955. Essais d'irrigation du maïs en conditions contrôlées. Rapp.Inst.Rech.Agron., Paris, 1952, pp.62-4 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.30.
26. GOMES, F.P. 1966. Curso de estatística experimental. 3.ed. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 436p.
27. GONDIM, L.A.P. 1985. Momento de irrigação do milho (*Zea mays* L.) em solos de várzea do Rio Grande do Sul. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 38(362):14-18, nov/dez.
28. GRASSI, C.J. 1981. Metodos de riego. Mérida, CIDIAT. 265p.

29. HAGAN, R.M. 1973. Water plant growth and crop irrigation requirements. In: IRRIGATION, drainage and salinity. Paris, FAO, UNESCO. p.206-53.
30. HILLEL, D. 1970. Solo e água: fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, UFRGS. 231p.
31. HOWE, O.W. & RHOADES, H.F. 1955. Irrigation practice for corn production in relation to stage of development. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 9:54-8 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.F. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux. p.29.
32. IBGE. 1984. Levantamento sistemático da produção agrícola. Brasília, Secretaria de Planejamento. 68p.
33. IRGA desenvolve tecnologia para novas culturas nas várzeas. 1984. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 37(349):21-2, fev.
34. IRRIGATION of maize. 1976. Tunbridge Wells, Maize Development Association. 15f.
35. JENSEN, M.E. 1973. Consumptive use of water and irrigation water requirements. New York, American Society of Civil Engineers. 215p.
36. JONES, J.N., Jr.; MOODY, J.E.; LILLARD, J.H. 1957. Corn and burley tobacco plot studies. Res. Rep. Va Agric. Exp. Stat. 1953-57, p.52-3 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.30.
37. JOSHI, M.S. & DASTANE, N.G. 1965. Excess water tolerance of summer cereals. Indian Journal of Agronomy, New Delhi, 10: 289-98.
38. JOSHI, M.S. & DASTANE, N.G. 1966. Studies in excess water tolerance of crops plants. Indian Journal of Agronomy, New Delhi, 11:70-9.
39. KÖLLER, O. 1972. Maturação fisiológica e variações de matéria seca e umidade, durante o período de formação dos grãos, em seis cultivares de milho. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 138f. Diss. Mestr. Fitotecnia.
40. LOPES, N.F. & MAESTRI, M. 1981. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.) cultivado em três densidades populacionais. Revista Ceres, Viçosa, 28(157):268-88, maio/jun.

41. MARKUS, R. 1963. Elementos de estatística aplicada. Porto Alegre, Centro Acadêmico Leopoldo Cortez da Faculdade de Agronomia da UFRGS. 329p.
42. MARTINEZ BELTRÁN, Julian. 1981. Drenaje de tierras en zonas reglables. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. n.p.
43. MATZENAUER, R. 1980. Evapotranspiração do milho (Zea mays L.) e suas relações com fórmulas e parâmetros meteorológicos. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 128p. Diss. Mestr. Fitotecnia.
44. MATZENAUER, R. & SUTILI, V.R. 1983. A água na cultura do milho. IPAGRO Informa, Porto Alegre (26):17-32, fev.
45. MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; BERGAMASCHI, H.; SUTILI, V. R. 1981. Evapotranspiração do milho (Zea mays L.) e sua relação com a evaporação do tanque classe A. Agronomia Sul-riograndense, Porto Alegre, 17(2):273-96.
46. MENEZES, V.G. & MACEDO, V.R. 1984. O PROVÁRZEAS e a lavoura de arroz no Rio Grande do Sul. Lavoura Arrozeira, Porto Alegre, 37(354):34-7, set/out.
47. MILLAR, A.A. 1978. Drenagem de terras agrícolas: bases agronômicas. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, cap.2, p.5-16.
48. MILLER, M.F. & DULEY, F.L. 1925. The effect of a varying moisture supply upon the development and composition of the maize plant at different periods of growth. Res. Bull. Miss. Agric. Exp. Stat. 76 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.29.
49. MORENO, José Alberto. 1961. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 38p.
50. MOTA, F.S. & GOEDERT, C.O. 1966. Evapotranspiração potencial no Rio Grande do Sul. Pelotas, Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul. Separata de Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 1:155-63.
51. MOTA, F.S. & ROSINHA, R.C. 1955. Ocorrência de seca no período crítico do milho no Rio Grande do Sul. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Sul, Pelotas, 12:1-33, nov.
52. MOTA, F.S.; GOEDERT, C.O.; LOPES, N.F.; GARCEZ, J.R.; GOMES, A. S. 1970. Balanço hídrico do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 5:1-27.

53. MUNDSTOCK, C.M. 1970. Influência de quatro épocas de semeadura em seis cultivares de milho. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 69p. Diss.Mestr. Produção Vegetal - Plantas de Lavoura.
54. NICHOLIS & MAY. 1963. apud SPRAGUE, G.F. 1977. Corn and corn improvement. Madison, American Society of Agronomy. 774p.
55. PIERRE, W.H.; ALDRICH, S.R.; MARTIN, W.P. 1967. Advances in corn production: principles and practices. Iowa, The Iowa State University. 476p.
56. PONS, A.L. & BRESOLIN, M. 1981. A cultura do milho. Trigo e Soja, Porto Alegre, 57:3-38, set/out.
57. PROVÁRZEAS. 1982. Relatório técnico da 2^a. fase. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, Porto Alegre.
58. RAMOS, L.R.; CARVALHO, F.I.; NODARI, R.O. 1981. Comportamento de diferentes populações de milho sob efeito de sistemas de manejo em solos hidromórficos. Trigo e Soja, Porto Alegre, 58:22-7, nov/dez.
59. REICHARDT, K. 1975. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 3.ed.rev. Piracicaba, Fundação Cargill. 286p.
60. RHOADES, H.F.; HOWE, O.W.; BONDURANT, J.A.; HAMILTON, F.B. 1954. Fertilization and irrigation practices for corn production on newly irrigated land in the Republican Valley. Bull.Neb.agric.Exp.Stat. 424 apud SALTER, P.J. & GOODE, J. E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.29.
61. RICHARDS, L.A. & WALDLEICH, C.H. 1952. Soil water and plant growth. In: SHAW, Byron T., ed. Soil physical conditions and plant growth. New York, Academic Press. Chap3,p.73-251.
62. ROBINS, J.S. & DOMINGO, C.E. 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. Agronomy Journal, Madison, 45(12):618-21, Dec.
63. ROJAS, R. 1972. Drenaje superficial. Mérida, CIDIAT. 63p. (Documento de Enseñanza) apud MILLAR, A.A. 1978. Drenagem de terras agrícolas. Sao Paulo, McGraw-Hill do Brasil. p.14.

64. ROSBACO, U.F. & BABBONI, E.S. 1969. Diez años de ensayos de épocas de siembra de maíz en Paranā (entre-ríos). Paranā. INTA. 46p.
65. ROSSI, G. 1979. Desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea do milho (Zea mays L.) sob diferentes níveis de drenagem e dois sistemas de preparo do solo. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 67f. Diss.Mestr.Fitotecnia.
66. SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. Part.2, p.15-100.
67. SCHWAB, G.O.; SHRADER, W.D.; NIXON, P.R.; SHAW, R.H. 1958. Research on irrigation of corn and soybeans at Conesville and Ankeny, Iowa, 1951 to 1955. Res.Bull.Va agric.Exp.Stat. 458, pp.245-59 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.30.
68. SILVA, R.M.; DAMASCENO, J.H.; PINHEIRO, D.M.; BEZERRA, J.E. 1980. Efeito da irrigação no milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 5., São Paulo, 1980. Anais. São Paulo, ABID. v.2, p.403-10.
69. SOJA, milho e sorgo: recomendações e sugestões técnicas para cultivo no Rio Grande do Sul; anos agrícola 1984/85. 1984. Trigo e Soja, Porto Alegre, 73:17-35, maio/jun.
70. SOMMERFELDT, T.G. 1960. Effect of irrigation, plant population and row spacing on corn yield. N.Dak.Fm.Res., 21(5): 16-19 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.30.
71. SPRAGUE, G.F. 1977. Corn and corn improvement. Madison, American Society of Agronomy. 774p.
72. STONE, L.; GWIN, R.E., Jr.; DILLON, M.A. 1978. Corn and grain sorghum response to limited irrigation. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, 33(5):235-38, Sept/Oct.
73. TAYLOR. 1965. apud IRRIGATION, drainage and salinity. Paris, FAO, UNESCO.
74. UITDEWILLINGEN, W.P.M. 1971. Estudo comparativo do rendimento de três cultivares de milho, semeadas em quatro épocas com e sem irrigação. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da UFRGS. 91p. Diss.Mestr.Fitotecnia.

75. VÁSQUEZ, R. 1961. Effects of irrigation at different growth stages, and of nitrogen levels on corn yields in Lajas Valley, P.R. J.Agric.Univ.P.R., 45:85-105, (from Soils and Fert., 25, nº500) apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux, p.30.
76. VOLODARSKIJ, N.I. & ZNEVIC, L.V. 1960. Drought resistance of maize during outogeny. (Russian). Fiziol.Kast., 7:216-19 apud SALTER, P.J. & GOODE, J.E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal Commonwealth Agricultural Bureaux. p.30-31.
77. WIERSMA, D. 1959. The soil environment and root development. Advances in Agronomy, New York, 11:43-51.
78. WINKLER, E.G.L. 1979. apud RAMOS, L.R.M.; CARVALHO, F.I.F.; NODARI, R. 1981. Comportamento de diferentes populações de milho sob efeito de sistema de manejo em solos hidromórficos. Trigo e Soja, Porto Alegre, 58:22-27, nov/dez.
79. WINTER, E.G. 1976. A água, o solo e a planta. São Paulo, USP. 170p.
80. WITHERS, B. & VIPOND, S. 1977. Irrigação: projeto e prática. São Paulo, USP. 339p.

7. APÊNDICES

APÊNDICE 01 - VALORES NORMAIS MENSIS, PERÍODO 1976/84, PARA TEMPERATURA MÉDIA, MÉDIA DAS MÁXIMAS, MÉDIA DAS MÍNIMAS, INSOLAÇÃO E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA LOCALIDADE DE TAQUARÍ, RS (DADOS OBTIDOS NA PRÓPRIA ESTAÇÃO).

ELEMENTO CLIMÁTICO	M E S E S					
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
Temperatura média (°C)	20,6	22,4	24,6	26,0	26,2	24,1
Temperatura média máxima (°C)	25,2	26,9	29,1	30,5	31,0	28,8
Temperatura média mínima (°C)	14,6	16,2	18,0	19,5	20,2	18,2
Insolação (h)	206,4	220,1	254,7	298,7	216,7	217,6
Precipitação pluviométrica (mm)	107,8	133,8	101,9	106,7	132,6	74,7

APÊNDICE 02 - DATA DE OCORRÊNCIA DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO MILHO HÍBRIDO,
 AGROCERES 64-A NO ANO AGRÍCOLA 1984/85 E A MÉDIA. E.E.A.-IRGA,
 CACHOEIRINHA, RS.

OCORRÊNCIAS FENOLÓGICAS	T R A T A M E N T O S						MÉDIA
	I	II	III	IV	V	VI	
SEMEADURA	19/NOV	19/NOV	19/NOV	19/NOV	19/NOV	19/NOV	19/NOV
EMERGÊNCIA	25/NOV	25/NOV	25/NOV	25/NOV	25/NOV	25/NOV	25/NOV
10% PENDOAMENTO	29/JAN	30/JAN	30/JAN	29/JAN	28/JAN	28/JAN	29/JAN
50% PENDOAMENTO	05/FEV	03/FEV	03/FEV	05/FEV	01/FEV	01/FEV	03/FEV
75% ESPIGAMENTO	13/FEV	11/FEV	10/FEV	13/FEV	08/FEV	08/FEV	10/FEV
MATURAÇÃO LEITOSA	03/MAR	05/MAR	04/MAR	03/MAR	02/MAR	02/MAR	03/MAR
MATURAÇÃO FISIO- LÓGICA	08/ABR	08/ABR	12/ABR	08/ABR	12/ABR	12/ABR	10/ABR

APÊNDICE 03 - DURAÇÃO, EM NÚMERO DE DIAS, DOS DIFERENTES SUBPERÍODOS E DO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A NO ANO AGRÍCOLA 1984/85 E A MÉDIA. E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

SUBPERÍODOS	T R A T A M E N T O S						MÉDIA
	I	II	III	IV	V	VI	
S-E	6	6	6	6	6	6	6
E-5 a 6 folhas	30	30	30	30	30	30	30
5 a 6 folhas-P	42	40	40	42	38	38	40
P - F	8	8	7	8	7	7	7
F - ML	18	22	22	18	22	22	21
ML - MF	36	34	39	36	41	41	38
S - MF	140	140	144	140	144	144	142

S - semeadura
E - emergência
P - pendoamento

F - florescimento
ML - maturação leitosa
MF - maturação fisiológica

APÊNDICE 04 - NÚMERO E DATAS DAS IRRIGAÇÕES EFETUADAS AO LONGO DO CICLO DO MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A NOS DIFERENTES TRATAMENTOS, EM 1984/85. E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

TRATAMENTOS	DATA DA IRRIGAÇÃO										TOTAL		
I	20/11											1	
II	20/11			27/12	07/01	11/01	18/01	25/01					6
III	20/11								03/02	08/02		3	
IV	20/11											1	
V	20/11			27/12	07/01	11/01	18/01	25/01	01/02	06/02		8	
VI	20/11	12/12	18/12	27/12	07/01	11/01	18/01	25/01	01/02	06/02		10	

APÊNDICE 05 - MATÉRIA SECA NO FINAL DO CICLO (G/PLANTA)
 EM DIFERENTES PARTES DO MILHO HÍBRIDO
 AGROCERES 64-A E O TOTAL, EM 1984/85.
 E.E.A. CACHOEIRINHA, RS.

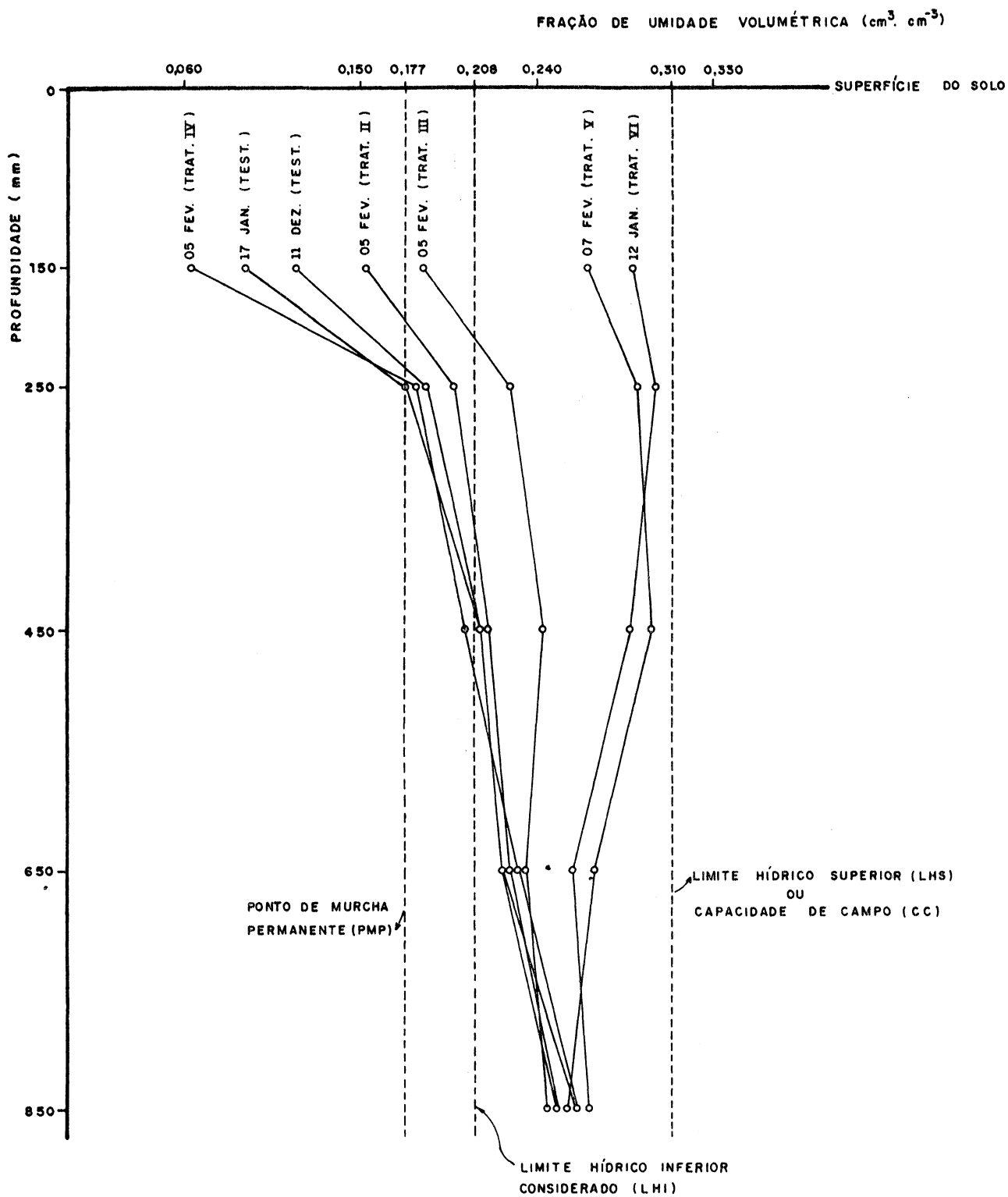
PARTES DA PLANTA	TRATAMENTOS					
	I	II	III	IV	V	VI
Colmo	50,7	64,9	49,0	42,6	60,0	74,5
Folhas	65,0	54,5	53,0	47,0	57,0	51,0
Grãos + Sabugo	96,7	144,7	149,2	87,7	171,1	163,0
Palha da espiga + Pedúnculo + Pen- dão	20,9	45,8	32,1	18,1	32,8	35,4
Total	310,3	422,4	404,6	267,8	459,4	463,4

APÊNDICE 06 - MATÉRIA SECA DE RAÍZES (G/AMOSTRA) DE DUAS PROFUNDIDADES, 50-150MM E 150-250MM, E A RELAÇÃO ENTRE AMBAS. MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A, CULTIVADO EM 1984/85.
E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

TRATAMENTOS	PESO (g/1.720 cm ³) profundidade (mm)		RELAÇÃO PESOS 50-150/150-250
	50 - 150	150 - 250	
I	2,1	1,1	1,87
II	1,9	0,5	3,80
III	2,4	0,6	4,31
IV	1,9	1,7	1,09
V	1,7	0,7	2,56
VI	3,8	0,7	5,39

APÊNDICE 07 - RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDA E A PRODUTIVIDADE MÉDIA DE GRÃOS OBTIDOS NOS DIFERENTES TRATAMENTOS, PELO MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A, EM 1984/85, E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

TRATAMENTOS	PRODUTIVIDADE MÉDIA (Kg/ha)	ÁGUA TOTAL CONSUMIDA		CONSUMO ÁGUA/ PRODUTIVIDADE GRÃOS (m ³ /Kg)
		mm	m ³ /ha	
I	3.505	478	4.781	1,36
II	4.661	733	7.331	1,57
III	4.598	586	5.858	1,27
IV	3.317	478	4.781	1,44
V	6.383	841	8.408	1,32
VI	6.107	943	9.428	1,54



APÊNDICE 08 – PERFIS MÉDIOS DA UMIDADE NO PLANOSSOLO VACACAÍ, NA EEA - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

APÊNDICE 09 - SUMÁRIO DAS ANÁLISES DA VARIÂNCIA DO RENDIMENTO DE GRÃOS E DE ALGUNS DE SEUS COMPONENTES, EM RELAÇÃO AO MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A, CULTIVADO EM 1984 85, E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

CAUSAS DA VARIACÃO	GL	Q U A D R A D O S				M É D I O S			
		1	2	3	4	5	6	7	8
Repetição	2	571.562	453	770	0,15	3	72	51	43
Observações	5	4.884.512*	226NS	9.114*	1,40*	182*	80NS	43NS	205NS
Erro	10	193.037	191	1.477	0,20	50	58	17	82
Total	17								
C.V. (%)		9,2	4,2	11,3	3,9	117,8	21,9	26,3	12,5

*Diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Diferenças não significativas.

1 - Rendimento de grãos

5 - Porcentagem de plantas estêreis

2 - Peso de mil grãos

6 - Porcentagem de plantas com duas espigas

3 - Número de grãos por espiga

7 - Porcentagem de espigas estêreis

4 - Número de fileiras de grão por espiga

8 - Número de espigas por amostras.

APÊNDICE 10 - SUMÁRIO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA DE ALGUNS DADOS FENOMÉTRICOS EM
 RELACÃO AO MILHO HÍBRIDO AGROCERES 64-A, CULTIVADO EM 1984/85,
 E.E.A. - IRGA, CACHOEIRINHA, RS.

CAUSAS DA VARIACÃO	GL	Q U A D R A D O S			M É D I O S	
		1	2	3	4	5
Repetições	2	588	48	4,5	0,01	0,002
Observações	5	2.101*	178NS	7,6NS	5,76*	0,153NS
Erro	10	57	58	3,0	1,69	0,084
Total	17					
C.V. (%)		3,4	5,7	3,9	6,0	10,1

* Diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

NS - Diferenças não significativas

1 - Estatura de plantas

2 - Comprimento de espigas

3 - Diâmetro de espigas

4 - Diâmetro de colmo

5 - Índice de área foliar (IAF).