

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO DO MINIMILHO ATRAVÉS
DO TANQUE CLASSE A**

ADRIANA MARIA MENEGHETTI

**CASCADEL - Paraná – Brasil
Fevereiro – 2006**

ADRIANA MARIA MENEGHETTI

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO DO MINIMILHO ATRAVÉS
DO TANQUE CLASSE A**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em **Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente**.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira
Santos

Co – Orientadora: Prof^a. Dra. Lúcia
Helena Pereira
Nóbrega

**CASCADEL - Paraná – Brasil
2005**

ADRIANA MARIA MENEGETTI

“Manejo da irrigação para produção de minimilho através do tanque classe A”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva
PUC – Toledo - PR

Prof. Dr. Joaquim Odilon Pereira
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Cascavel, 28 de novembro de 2005.

DEDICATÓRIA

A Deus, por sempre me dar força de vontade para seguir em frente.

Aos meus queridos e amados pais, Alcides e Rosina Meneghetti.

Ao grande amor da minha vida, Rafael Gil Ferques pela compreensão, dedicação, apoio e muito amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus que está sempre comigo dando coragem, força, saúde e inteligência para tomar as decisões, na medida do possível, corretas.

Ao meu orientador, Professor Reginaldo Ferreira Santos, pela orientação, dedicação, alegria e ensinamentos relevantes para a minha formação e realização deste trabalho.

À minha co-orientadora Professora Lúcia Helena Nóbrega, pela pronta colaboração e sempre cooperação nos momentos decisivos.

À UNIOESTE, pela oportunidade de realização do programa de pós-graduação nível mestrado na área de Engenharia Agrícola.

A todo corpo docente do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola da Unioeste-Cascavel, pelos ensinamentos, em especial à Professora Maria Hermínia F. Tavares e aos Professores Sílvio C. Sampaio, Miguel A. U. Opazo, Reinaldo P. Ricieri, Joaquim O. Pereira e Márcio A. Vilas Boas, pela paciência.

Aos colegas, em especial à Marlene C. de Oliveira, Ednéia S. de O. Lourenço, Márcia Medeiros, Leila Piacentinni, Dirceu de Mello, Luciano A. Kempski, Ivair Marchetti e Antônio Aprígio pelo apoio, colaboração e paciência na jornada.

Aos familiares e amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com este trabalho; em especial aos sobrinhos Flávio Augusto e Maria Luiza, pela ajuda no campo, e à Germana e Clara pelo carinho, aos meus irmãos Rosane e José Narciso, aos cunhados Rosimeire e Celso, pela colaboração, aos meus pais Alcides e Rosina Meneghetti pelo permanente apoio e finalmente, ao meu companheiro Rafael Gil pelo amor, compreensão e as mais diversas razões.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Cultivo do minimilho	16
2.2 Requerimento de água pela cultura	22
2.3 Disponibilidade de água às plantas	27
2.4 Disponibilidade de água no solo	29
2.5 Manejo da irrigação	31
2.5.1 Estimativa da evapotranspiração e tanque classe A	34
2.5.2 Irrigação por gotejamento e eficiência de aplicação.....	37
3 MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Localização e condições ambientais da área experimental	39
3.2 Irrigações e eficiência do uso da água.....	44
3.3 Determinações morfológicas das plantas	46
3.3.1 Análise de crescimento	46
3.3.2 Componentes da produção	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Condição climática	49
4.2 Análise de crescimento	52
4.2.1 Estatura das plantas	53
4.2.2 Número de folhas por planta	56
4.2.3 Área foliar	59
4.2.4 Índice de área foliar	62
4.3 Florescimento pleno da cultura	66
4.4 Dados biométricos da produção	66
4.4.1 Número de espigas por planta – Prolificidade	66
4.4.2 Estatura de inserção da primeira espiga	69
4.4.3 Comprimento das espigas com palha (CECP) e sem palha (CESP)	71
4.4.4 Diâmetro das espigas com palha (DECP) e sem palha (DESP)	75
4.4.5 Massa das espigas com palha (MECP) e massa das espiga sem palha (MESP)	77
4.4.6 Número de fileiras de grãos por espiga (NF E ⁻¹)	81
4.4.7 Número de espigas que perfazem 360 g	83
5 CONCLUSÕES	86
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

LISTA DE TABELAS

		página
Tabela 01	Características químicas do solo da área experimental..	39
Tabela 02	Precipitação, umidade relativa do ar, velocidade do vento e a evaporação do tanque classe A durante o o ciclo do minimilho nos meses fevereiro e março de 2005.....	50
Tabela 03	Estatura das plantas (EP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	53
Tabela 04	Equações e análise de regressão (R^2) para a variável estatura das plantas (EP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	55
Tabela 05	Número de folhas (NF) por plantas do minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	57
Tabela 06	Equações e análise de regressão (R^2) para a variável número de folhas (NF) por planta do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	57
Tabela 07	Área foliar (AF) em minimilho (m^2) submetida a quatro Tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	59
Tabela 08	Equações e análise de regressão (R^2) para a variável área foliar (AF) das plantas do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	61
Tabela 09	Índice de área foliar (IAF) em minimilho ($m^2 m^{-2}$) submetido a quatro tratamentos de lâmina de irrigação ao longo do ciclo da cultura	62
Tabela 10	Equações e análise de regressão (R^2) para índice de área foliar (IAF) das plantas do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	63
Tabela 11	Análise de variância para dados de crescimento estatura da planta (EP), número de folhas (NF), área foliar (AF), e índice de área foliar do minimilho quatro submetidas a tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.....	65
Tabela 12	Valores médios da estatura da planta (EP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) sumetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação Durante o ciclo da cultura e analisadas pelo teste de Tukey a nível de 5 % de significância.....	65
Tabela 13	Número de espigas (NE) planta ⁻¹ e há ⁻¹ em plantas de	

	minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.....	67
Tabela 14	Equação e análise de regressão (R^2) para a variável número de espigas (NE) em plantas de minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	68
Tabela 15	Estatura de inserção da primeira espiga (EI) do minimilho (m) submetida a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	69
Tabela 16	Equação e análise de regressão (R^2) para a variável estatura de inserção (EI) das espigas em plantas de minimilho submetidas a diferentes lâminas de irrigação	69
Tabela 17	Comprimento das espigas com palha (CECP) e comprimento das espigas sem palha (CESP) em plantas do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	71
Tabela 18	Equações e análise de regressão (R^2) para a variável comprimento das espigas com palha (CECP) e comprimento das espigas sem palha (CESP), em plantas de minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	73
Tabela 19	Diâmetro das espigas com palha (DECP) e diâmetro das espigas sem palha (DESP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.....	75
Tabela 20	Equações e análise de regressão (R^2) para a o diâmetro da espiga com palha (DECP) e diâmetro da espiga sem palha (DESP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	75
Tabela 21	Massa das espigas com palha (MECP) do minimilho (g) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.....	77
Tabela 22	Massa das espigas sem palha (MESP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina irrigação durante o ciclo da cultura.....	78
Tabela 23	Equações e análise de regressão (R^2) para massa das espigas com palha (MECP) e sem palha (MESP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	79
Tabela 24	Eficiência do uso da água para a produtividade comercial (P_c) e produtividade total (P_t) das espigas sem palha do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.....	80
Tabela 25	Número de fileiras de grãos por espiga ($NF E^{-1}$) do de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.....	82
Tabela 26	Equações e análise de regressão (R^2) para o número de fileiras de grãos por espiga ($NF E^{-1}$) do minimilho	

	submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	83
Tabela 27	Número de espigas que perfazem 360 g em minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	84
Tabela 28	Equações e análise de regressão (R^2) para o número de espigas que perfazem 360 g em minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	84
Tabela 29	Análise de variância para dados de produção, número de espigas por planta (NE), estatura de inserção da primeira espiga (EI), comprimento da espiga com palha (CECP) e sem palha (CESP), diâmetro da espiga com palha (DECP) e sem palha (DESP), massa da espiga com palha (MECP) e sem palha (MESP), número de fileiras de grãos por espiga ($NF E^{-1}$), número de espigas que perfazem 360 g do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.....	85

LISTA DE FIGURAS

		página
Figura 01	Estádios vegetativos e reprodutivos da planta do milho	19
Figura 02	Croqui da área experimental	40
Figura 03	Tanque Classe A e seus componentes	43
Figura 04	Temperaturas máxima, mínima e média (°C) ocorridas durante o período experimental nos meses fevereiro, março e abril de 2005	49
Figura 05	Evapotranspiração de referência (ET _o) em (mm dia ⁻¹) durante o período experimental nos meses de fevereiro, março e abril de 2005, medida através do Tanque classe A	51
Figura 06	Estatuta das plantas (EP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	54
Figura 07	Número de folhas (NF) por planta do minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	58
Figura 08	Área foliar (AF) em minimilho (m ²) submetidos a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	60
Figura 09	Índice de área foliar (IAF) em plantas de minimilho (m ² m ⁻²) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	64
Figura 10	Número de espigas (NE) planta ⁻¹ do minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	68
Figura 11	Estatuta de inserção (EI) de espigas em plantas de minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	70
Figura 12	Comprimento da espiga com palha (CECP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	72
Figura 13	Comprimento da espiga com palha (CESP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	72
Figura 14	Diâmetro das espigas com palha (DECP) e diâmetro das espigas sem palha (DESP) do minimilho (m) submetidos a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	76
Figura 15	Massa das espigas com palha (MECP) e sem palha (MESP) em (g) de minimilho submetidos a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	80
Figura 16	Número de fileiras de grãos por espiga (NF E ⁻¹) em minimilho (unidade) submetidos a quatro tratamentos	

	de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	82
Figura 17	Número de espigas que perfazem 360 g em minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura	84

LISTA DE ABREVIATURAS

AD	Água disponível;
AF	Área foliar;
ATD	Água totalmente disponível;
CAD	Capacidade de água disponível;
CC	Capacidade de campo;
CECP	Comprimento da espiga com palha;
CESP	Comprimento da espiga sem palha;
C	Consumo de água;
DAE	Dia após emergência;
DECP	Diâmetro da espiga com palha;
DESP	Diâmetro da espiga sem palha;
E	Evaporação;
Ef	Eficiência de aplicação;
EI	Estatura de inserção da primeira espiga;
EP	Estatura da planta;
ET	Evapotranspiração;
ETc	Evapotranspiração da cultura;
ETo	Evapotranspiração de referência;
EUA	Eficiência do uso da água;
FAD	Fração de água disponível;
IAF	Índice de área foliar;
Kc	Coefficiente da cultura;
Kt	Coefficiente do tanque;
L	Lâmina líquida;
LB	Lâmina bruta;
MECP	Massa da espiga com palha;
MESP	Massa da espiga sem palha;
NE	Número de espigas;
NF	Número de folhas;
NF E ⁻¹	Número de fileiras de grãos por espiga;
NFS	Número de folhas senescidas;
P	Precipitação;
PMP	Ponto de murcha permanente;
P _c	Produtividade comercial;
P _t	Produtividade total;
T	Transpiração;
T1	Tratamento 1;
T2	Tratamento 2;
T3	Tratamento 3;
T4	Tratamento 4;
U	Velocidade do vento;
UR	Umidade relativa do ar.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e produção de milho (*Zea mays L.*) para obtenção de minimilho. As parcelas em análise foram submetidas a quatro lâminas de irrigação determinadas a partir da evapotranspiração da cultura, baseadas no tanque classe A e aplicadas quando a evapotranspiração atingia os valores acumulados: T1-15 mm, T2-30 mm, T3-45 mm e T4-60 mm. O modelo estatístico utilizado foi em parcelas subdivididas com quatro tratamentos e cinco repetições. Os resultados foram submetidos à análise estatística, pelo programa Sisvar (FERREIRA, 2000). Determinou-se a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas em nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey e pela análise de regressão. As parcelas experimentais possuíam comprimento de 8 m, compostas por plantas separadas entre si por 0,080 m e 0,70 m entre linhas, com um total de 100 plantas por parcela. As características para a análise de crescimento foram: estatura da planta (EP), número de folhas (NF), área foliar (AF), índice de área foliar (IAF). Para a análise de produção foram analisadas: número de espigas por planta (NE), estatura de inserção da primeira espiga (EI), comprimento da espiga com palha (CECP), comprimento da espiga sem palha (CESP), diâmetro da espiga com palha (DECP), diâmetro da espiga sem palha (DESP), massa da espiga com palha (MECP), massa da espiga sem palha (MESP), número de fileira de grãos por espiga ($NF E^{-1}$) e número de espigas que perfazem 360 g. Houve diferenças significativas para os dados de crescimento nos valores de área foliar e índice de área foliar. Também foram observadas diferenças significativas nos resultados de produção para estatura de inserção da primeira espiga, comprimento da espiga com e sem palha, diâmetro da espiga com e sem palha, massa da espiga com e sem palha, número de fileiras de grãos por espiga e número de espigas que perfazem 360 g. Um aumento nas lâminas de irrigação e na frequência de aplicação implicou em maiores valores de área foliar e índice de área foliar, número de espigas, estatura de inserção da espiga, número de fileira de grãos por espiga e o número de espigas em 360 g, e menores valores para estatura, número de folhas e comprimento, diâmetro e massa da espiga com e sem palha. Os melhores resultados comerciais obtidos foram com o T1-15 mm, cujo aproveitamento foi de 18 % das espiguetas. O manejo da irrigação do minimilho deve ser realizado com aplicação quando a evapotranspiração da cultura indicar valores acumulados de 15 mm a 30 mm. Valores maiores ocasionam redução na produtividade.

Palavras chave: análise de crescimento e análise de produção, evapotranspiração, frequência de aplicação.

ABSTRACT

This research aimed on evaluating the growth and production of corn (*Zea mays* L.) in order to obtain the baby corn, which was submitted to the variation of four different depth irrigations, recorded from the culture's evapotranspiration, based on the class A, and applied when the evapotranspiration reached these following accumulated values: T1-15 mm, T2- 30 mm, T3- 45 mm e T4- 60 mm. The statistical model was outlined completely with four treatments and five replications. Results were submitted to the statistical analysis, by the Sisvar program (FERREIRA 2000). The analysis of variance and the averages from the treatments were also recorded, as well as compared considering 5 % of probability according to the Tukey test and regression analysis. The experimental plots had about 8 m of length; the plants were separated by 0.080m among themselves and 0.70 m by rows, totalizing 100 plots to each plot. The features regarding the growth during the culture's cycle were: plant height (PE), foliar area (FA), leaf number (LN), foliar area index (FAI). Some other features were analyzed regarding the production analysis as: number of ear by plant (NEP), height of insertion of the first ear (HIFE), length of the ear with and without straw (LEWOS), diameter of the ear with and without straw (DEWOS), mass of the ear with and without straw (MEWOS), number of the row of grains by ear (NRGE) and number of ear, accomplishing 360 g. There were significant differences on production results regarding data of growing of foliar area and foliar area index. Significant differences had been also observed in the production of HIFE and LEWOS, and DEWOS, MEWOS and MEWOS, NRGE and number of ear that accomplishes 360 g. There was an increase in the depth irrigation and also in the application frequency, which implied in greater values of foliar area, as well as in the foliar area index, number of ear by plant, height of insertion of the first ear, number of row of grains by ear and number of ear, accomplishing 360 g, but also lower values for height, leaf number and length, diameter and ear's mass, with and without straw. The Best commercial results were recorded with T1 – 15 mm, when using 18 % of ear. The scheduling irrigation for baby corn must be carried out with application when the crop evapotranspiration indicates 15 mm and 30 mm accumulated values. It could also be understood with this trial that greater values cause reduction on productivity.

Keywords: growth analysis, production analysis, evapotranspiration, application frequency

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) destaca-se como uma das culturas de grande interesse econômico para o Brasil, a qual assume relevante papel sócio-econômico e constitui-se em matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

Déficits hídricos causados por variações climáticas afetam o rendimento da cultura, cujo efeito depende da intensidade, época e duração em relação ao ciclo de crescimento e desenvolvimento da planta.

O milho de ciclo médio, cultivado para a produção de grãos secos, consome de 400 a 700 mm de água em seu ciclo completo, dependendo das condições climáticas e seu período de máxima exigência é na fase reprodutiva. Por isto, déficits de água que ocorrem nesse período são os que provocam maiores reduções de produtividade (RESENDE, ALBIQUERQUE & COUTO).

O déficit anterior à fase reprodutiva reduz a produtividade de 20 a 30%; no período reprodutivo, de 40 a 50 % e após esta fase, de 10 a 20 %. A extensão do período de déficit também é importante.

A produtividade de milho não é muito variável entre regiões, municípios e mesmo dentro de uma lavoura, devido à existência de grande disparidade nos padrões tecnológicos e nos rendimentos obtidos com a cultura, em função dos objetivos dos agricultores. A utilização de práticas de manejo promotoras de rendimento, tais como a redução no espaçamento entre linhas e maior população de plantas combinadas com híbridos específicos. A adequação das máquinas para semeadura e os tratos culturais têm sido utilizados em muitas regiões, por conseguinte há modificações de alguns conceitos em relação ao manejo de milho.

Embora estes conceitos ainda não sejam empregados de forma generalizada, trazem uma perspectiva positiva de incremento no rendimento e produção para a cultura, principalmente se outros fatores como irrigação, época e local adequado, respeitando-se a variabilidade de cada área, forem empregados corretamente.

Diferentes métodos podem ser utilizados para irrigar uma cultura, os

quais podem estar condicionados aos fatores ambientais e edáficos, às características da cultura e à disponibilidade de água para irrigação, bem como à facilidade de manejo e operação do sistema de irrigação escolhido.

A resposta da cultura do milho à disponibilidade hídrica depende de como se dá o movimento da água pelo sistema solo-planta-atmosfera. A troca de água entre a planta e o ambiente determinará a quantidade de água adequada a ser aplicada num sistema de irrigação, ressaltando daí a importância de estudos regionais de manejo para estimativa da lâmina líquida, relacionando a mesma com estimativa da evaporação do tanque classe A.

O milho sempre foi bastante usado *in natura*, na alimentação humana, seja na forma de milho cozido, assado ou mesmo como salada. Mesmo antes do desenvolvimento da indústria de enlatamento e conservas, algumas famílias já usavam o minimilho como alimento cotidiano. Com o advento da indústria de conservas, este produto tornou-se ainda mais importante e provocou um crescimento na área plantada com milho para consumo nesta forma, à semelhança do acontecido com o milho verde (doce ou de endosperma normal).

O minimilho ou "baby corn" (*Zea mays L.*) é o nome dado às espigas jovens (espiguetas), não polinizadas, isto é, antes da formação de grãos, de qualquer tipo de milho, é um produto diversificado, constituído de espigas imaturas de milho, colhidas antes da fertilização. Alimento rico em vitaminas B e C, potássio, fibras e carotenóides que ajudam na prevenção de doenças coronarianas. Na culinária, é preparado na forma de saladas, sopas, pickles e pratos da cozinha chinesa.

Este é um produto promissor para os mercados externo e interno, sobretudo porque, no Brasil, o produto industrializado é, em sua maioria, importado da Tailândia. O aparecimento crescente do produto nas prateleiras dos supermercados mostra o potencial do mercado consumidor brasileiro, o qual também indica uma abertura para o mercado externo, principalmente o americano e o europeu.

O minimilho irrigado surge como alternativa econômica para a agricultura familiar por ser de ciclo mais curto e apresentar a vantagem de ser colhido no início da fase reprodutiva, período em que há maior exigência de água para esta cultura, pois a instabilidade climática, sobretudo quanto aos

veranicos e à insuficiência de chuvas na safrinha, para a região oeste do Paraná, vem resultando em baixas produtividades.

O trabalho teve como objetivos: (i) avaliar diferentes lâminas de irrigação para a produção de minimilho, determinadas a partir da evapotranspiração da cultura baseadas na evaporação do tanque classe A; (ii) e caracterizar a morfologia das plantas submetidas aos diferentes tratamentos, pela análise do crescimento e dos componentes de produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultivo do minimilho

O minimilho é o nome dado à espiga de milho jovem, em desenvolvimento, não fertilizada ou ao sabugo jovem da espiga de uma planta de milho. As plantas são semelhantes às de milho normal e não são, como poderia ser assumido, plantas anãs (VON PINHO *et al.* 2003).

No Brasil, a produção de minimilho (*Zea mays* L.) ainda é inexpressiva, apesar de os mercados interno e externo indicarem elevado potencial econômico deste produto. A maior parte do minimilho em conserva encontrada em nosso país ainda é importada da Tailândia, conforme PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998).

O minimilho é importado exclusivamente na forma de conservas ou enlatado, e existem relatos, assim como nos Estados Unidos e Japão, da preferência para o consumo *in natura* do minimilho, pelo fato de este produto não conter conservantes e outros aditivos químicos. Por isso, a produção de minimilho *in natura* cresceu em países importadores e mais especificamente no Brasil, dando oportunidade aos produtores de processar e enlatar seus produtos para o mercado interno (MILES & ZENS, 1998).

Não existe, no Brasil, material genético específico para a produção de minimilho, entretanto, a EMBRAPA está trabalhando neste sentido (PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO, 1998) e também há carência de informações de protocolos para a avaliação tecnológica deste tipo de produto.

Várias cultivares de milho têm sido avaliadas com o intuito de identificar as mais adaptadas às condições tropicais. Em razão da maior aceitação pelo mercado consumidor, as cultivares de milho doce e pipoca têm sido as mais utilizadas e também, em menor escala e com grande potencial de uso, cultivares prolíficas, selecionadas de milho comum (PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO, 1998).

Como não existem cultivares comerciais específicas, a escolha é considerada a etapa mais crítica do cultivo (RODRIGUES, SILVA & MORI,

2004). Entretanto, uma das desvantagens no uso de cultivares de milho doce é o desenvolvimento muito rápido das espiguetas que, ao crescerem demais, podem perder seu valor comercial (RODRIGUES, SILVA & MORI, 2004). Além da qualidade, outras características como: porte mais baixo, amadurecimento precoce, uniformidade do florescimento e prolificidade têm sido consideradas mais adequadas para a produção de minimilho.

A utilização de híbridos prolíficos é uma alternativa para obter espiguetas de maior qualidade e reduzir o custo de produção, pois o número de espiguetas colhidas por planta é maior. A área de plantio pode ser reduzida em comparação às cultivares ou aos híbridos não prolíficos que necessitam de maior densidade populacional para obter alto rendimento (RODRIGUES, SILVA & MORI, 2004).

Segundo RODRIGUES, SILVA & MORI (2004), com relação ao minimilho, é necessário que sejam realizados vários trabalhos para definir o manejo mais adequado da cultura, quantificar o potencial genético e qualitativo das diversas cultivares comerciais utilizadas para a produção de minimilho, determinar a herdabilidade das características mais apropriadas para a produção *in natura* ou industrializadas e desenvolver cultivares específicas.

A semeadura para obtenção do minimilho é feita como na produção de grãos, apenas aumenta acima do normal o estande, uma vez que o interesse é a maior produção de espiguetas por área (PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO, 1998). O manejo da cultura diferencia-se do cultivo do milho para os grãos, principalmente, quanto à densidade de semeadura, a qual pode ser três a quatro vezes maior e varia de 150.000 a 200.000 plantas ha⁻¹, cujo objetivo é um maior rendimento e redução no tamanho do produto final, que é ideal para a indústria de enlatados. O minimilho pode ser cultivado tanto sob manejo convencional como em plantio direto. O último sistema, dependente da palhada. O próprio cultivo do minimilho se encarrega de produzi-la. É importante a antecipação da adubação nitrogenada para o estágio de três a quatro folhas.

Não existe uma época de semeadura determinada, posto que a mesma depende da demanda. No verão, a colheita é feita mais cedo e, no inverno, colhe-se mais tarde, mas geralmente, inicia-se entre 40 e 60 dias após a germinação. Este manejo pode variar em até 85 dias, de acordo com o ciclo da

cultivar utilizada e o clima. O ponto ideal, recomendado por PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998), é quando as espiguetas estiverem no estágio de dois a três dias após a exposição dos estilos – estigmas. Após a retirada do minimilho, o restante da planta - folhas, pendão, colmo, espigas não comerciais e palhas das espiguetas - pode ser utilizada como forragem (PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO, 1998).

Os primeiros resultados de pesquisa, obtidos na Embrapa Milho e Sorgo sobre densidade de semeadura e cultivares de milho para minimilho, evidenciaram bons rendimentos de minimilho comercial nas densidades de 187.500 e 237.500 plantas por hectare, num estudo em que a densidade de semeadura variou de 87.500 a 237.500 plantas por hectare em um espaçamento de 0,80 m (PEREIRA FILHO & CRUZ, 2001).

O minimilho é semelhante, na sua composição, a outras hortaliças, como a couve-flor, o tomate, a berinjela e o pepino. Em cem gramas de amostra, o teor de proteína é de 1,90 g; na couve-flor, 2,40 g; na couve, 1,70 g; no tomate e na berinjela, 1,00 g; e no pepino, 0,060 g. O minimilho possui cerca de 89,1 % de umidade; 0,020 % de gordura; 8,20 % de carboidratos e 0,060 % de cinzas. Cem gramas de minimilho contêm, em média, 86 mg de fósforo, 0,1mg de ferro, 64 UA de vitamina A, 0,05 mg de tiamina, 0,8mg de riboflavina, 11,0 mg de ácido ascórbico e 0,3% de niacina (VON PINHO *et al.* 2003).

RITCHIE, HANWAY & BENSON (2003) verificaram que, no conceito geral de produção de milho, a matéria-prima e a luz solar (energia) combinam-se com o maquinário interno do híbrido cultivado para produzir matéria seca. Isto significa que o crescimento e a produtividade de uma planta de milho são funções do potencial genético da planta para reagir às condições ambientais sob as quais ela cresce, pois é o maquinário interno que transforma essas matérias-primas em produtos úteis.

De acordo com FANCELLI & DOURADO NETO (2000), o ciclo da cultura compreende cinco etapas de desenvolvimento (Figura 01): (i) germinação e emergência: ocorre entre a semeadura e o aparecimento da plântula, cujo período varia entre quatro e doze dias, em função da temperatura e umidade do solo; (ii) crescimento vegetativo: iniciado a partir da emissão da segunda folha, até o início do florescimento, cuja extensão varia em função do

genótipo e de fatores climáticos, ao caracterizar e classificar os diferentes genótipos quanto à duração do ciclo; (iii) florescimento: período estabelecido entre o início da polinização e o início da frutificação; (iv) frutificação: período compreendido entre a fecundação e o enchimento completo dos grãos, cuja duração varia entre 40 e 60 dias; (v) maturidade: período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da “camada preta” no ponto de inserção dos grãos e sabugo. A formação da “camada preta” representa o rompimento do elo de ligação entre a planta-mãe e o fruto. Este é o momento ideal da colheita, em função da máxima produção concentrada.

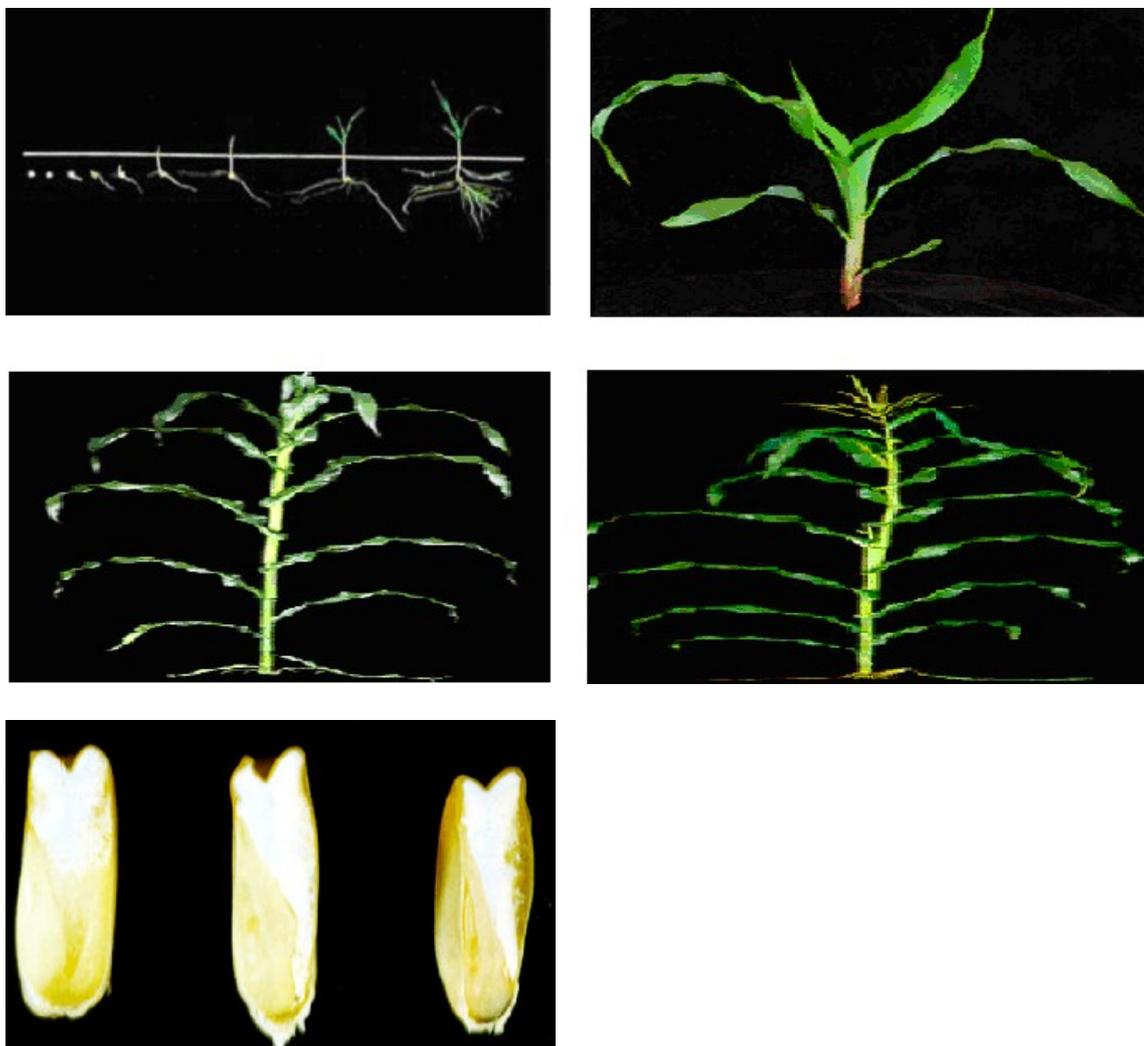


Figura 01: Estádios vegetativos e reprodutivos da planta do milho.
Fonte: Ritchie, Hanway & Benson (2003)

A produtividade de milho refere-se ao número de grãos por unidade de área e à quantidade de fotoassimilados disponíveis para esses grãos. É variável entre os diferentes híbridos ou cultivares e é influenciada por fatores de ambiente que predominam nos períodos em torno da fertilização.

Para FANCELLI & DOURADO NETO (2000), a fotossíntese, a respiração e a transpiração são processos fisiológicos da planta de milho que resultam diretamente da energia disponível ao ambiente.

Embora a natureza forneça a maior parte da influência ambiental sobre o crescimento e a produtividade do milho, um produtor pode manipular o ambiente ao utilizar práticas de manejo testadas e aprovadas. Tais operações incluem preparação do solo, fertilização, irrigação, controle de invasoras e de insetos e muitas outras práticas (RITCHIE, HANWAY & BENSON, 2003).

Segundo SILVEIRA (2003), os rendimentos são variáveis em função da cultivar, do manejo da cultura e das condições ambientais; entretanto, resultados de pesquisa mostram uma produtividade de até 2,5 t ha⁻¹ de minimilho aproveitável capaz de atender os padrões exigidos pelos consumidores e pelas indústrias de conservas. O aproveitamento varia entre 15% a 20 % da quantidade de minimilho para industrialização, o qual satisfaz as exigências do consumidor e da indústria. O tamanho desta cultivar de minimilho varia entre 4 e 10 cm, diâmetro de 1,0 a 1,5 cm, forma cilíndrica e coloração que vai de branco – pérola a creme – amarelada.

Para se obter o máximo de número de grãos por unidade de área em determinada densidade de plantas, é recomendável fazer com que o pendoamento ocorra nos dias mais longos do ano, de modo a coincidir com a máxima área foliar de plantas e a maior disponibilidade de radiação solar (SANGOI, 2001).

O aumento da tolerância da planta de milho à intensa competição por luz, nutrientes e água vem sendo obtido pela seleção de genótipos mais produtivos sob alta população de plantas e ampla variedade de área, segundo SANGOI (2001). A densidade é considerada uma das práticas culturais aptas a determinar a produtividade de grãos pela cultura de milho.

Híbridos precoces (ciclos mais curtos) requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal para atingir seu potencial de rendimento. Isto deve-se ao fato de geralmente apresentarem menor estatura,

folhas menores, menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura. As diferenças na resposta à densidade entre cultivares precoces e tardias são mais acentuadas quando o nível de produtividade é elevado, com teto de produtividade baixa, há pouco efeito da densidade ótima de plantas (SANGOI, 1990).

A disponibilidade de água é, provavelmente, o principal fator que afeta a escolha da densidade ótima das plantas, sendo a época mais crítica à deficiência hídrica, o período entre duas a três semanas do espigamento, conforme MEROTTO JÚNIOR, ALMEIDA & FUCHS (1997).

A menor oxidação de auxinas decorrentes da proximidade das plantas em densidades elevadas estimula a alongação celular, com isso, os entrenós do colmo são mais longos; há um aumento da estatura da planta e da estatura de inserção de espigas. Além disso, a maior competição intra-específica por luz, o aumento da dominância apical e o estiolamento das plantas favorecem a redução no diâmetro do colmo, SANGOI *et al.* (2002).

Em trabalhos desenvolvidos na região sul do Brasil, cujo propósito era o de determinar a densidade ótima de plantas híbridas de milho com elevado potencial de rendimento de grãos, SILVA, ARGENTA & REZERA (1999) observaram que houve um rendimento máximo de grãos obtidos com densidades superiores a 8 plantas m⁻². Assim, há uma evidência de que a recomendação de densidade de até 7 plantas m⁻² pode ser ampliada em ambientes favoráveis para obtenção de rendimentos elevados.

A densidade de semeadura e o espaçamento nas entrelinhas podem influenciar no rendimento, na capacidade de expansão e em outras características importantes para a comercialização deste tipo de milho, como citaram SILVA, ARGENTA & REZERA (1999).

Para a produção de milho verde, recomenda-se a densidade de plantas entre 3,5 a 4,0 plantas m⁻², a fim de as espigas ganharem tamanho, já para o minimilho, a densidade varia de 14 a 18 plantas m⁻², segundo SANGOI (2001).

A recomendação de arranjo de plantas em milho foi alterada ao longo do tempo junto com as modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica introduzidas na planta e a evolução do manejo cultural (ARGENTA, SILVA & SANGOI, 2001).

Para o minimilho, em estudos feitos com densidades 87.500, 137.500, 187.500 e 237.500 plantas por hectare, PEREIRA FILHO & CRUZ (2001) verificaram que as densidades de semeadura afetaram significativamente o número de espigas comerciais, índices de espigas e o peso de espigas comerciais. Pode-se afirmar que o número médio de espigas comerciais cresceu com o aumento da densidade de plantas ha⁻¹; o índice de espigas foi maior na menor densidade, mas apresentou maior rendimento de espigas comerciais de minimilho, contudo peso menor.

O rendimento de uma cultura aumenta com a elevação da densidade de plantio até atingir uma densidade ótima, determinada para cada cultivar e por condições externas resultantes de condições edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura. A partir da densidade ótima, ponto de rendimento máximo, o aumento na densidade resultará em decréscimo progressivo no rendimento da cultura, portanto, a densidade ótima depende de três condições: cultivar, disponibilidade hídrica e nível de fertilidade do solo (RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO, 2003).

2.2 Requerimento de água pela cultura

Para BERGAMASCHI (1992), o consumo de água das culturas é determinado pela demanda evaporativa da atmosfera, propriedades do solo e de características intrínsecas das plantas, mas para CARLESSO (1995), a habilidade da planta em utilizar a água armazenada no solo está relacionada com a demanda evaporativa da atmosfera e com a combinação dos fatores meteorológicos, em interação com o dossel vegetativo da cultura.

A deficiência de água no solo afeta todos os aspectos ligados ao crescimento das plantas, reduz a área foliar, diminui a fotossíntese, bem como outros processos. Segundo CARLESSO (1995), isto ocasiona redução na interceptação e absorção da radiação solar, bem como menor produção de carboidratos.

O crescimento radicular é fortemente influenciado por fatores do solo, isto inclui: estrutura, resistência à penetração, conteúdo de água, temperatura, porosidade, difusão de gases, pH e fertilidade.

A absorção de água pelas plantas indica a profundidade e atividade de seu sistema radicular, uma vez que a diminuição da disponibilidade de água causa um significativo decréscimo, tanto na área foliar como no crescimento radicular (CARLESSO,1995).

FANCELLI & DOURADO NETO (1996) observaram que, na cultura do milho, a disponibilidade de água passa a ser fator decisivo no potencial de produção e rendimento, no período compreendido entre os 3º e 5º estádios, ou seja, com 85 a 90 % da área foliar e florescimento até o estádio de enchimento dos grãos. Por isso, conforme CARLESSO & SANTOS (1997), os métodos utilizados para a determinação do momento de utilizar um sistema de irrigação, levando em consideração apenas fatores do solo, apresentam pouca aceitação e confiabilidade de manejo de irrigação. Alguns parâmetros de medida como expansão da área foliar e estatura das plantas fornecem informações sobre a intensidade de ocorrência de um déficit hídrico e da necessidade de aplicação de água por irrigação.

Segundo Lecoeur & Sinclair (1996), citados por CARLESSO & SANTOS (1998), a alongação das folhas e o índice de área foliar apresentam elevada suscetibilidade ao déficit hídrico. Alguns fatores influenciam diretamente à penetração das raízes, são eles: a compactação, densidade e teor de água no solo, entretanto, a maior capacidade de armazenamento de água disponível no solo favorece o desenvolvimento das raízes (CARLESSO & SANTOS, 1998).

Ritchie, Nguyen & Holaday (1990), citados por CARLESSO (1995) e por CARLESSO & SANTOS (1998), fazem restrição ao uso do potencial de água no solo para caracterizar a intensidade de ocorrência de déficit hídrico e sugerem que a resposta fisiológica das plantas ao déficit hídrico seja avaliada em função da água disponível no solo e à fração de água evapotranspirada.

Segundo CARLESSO & SANTOS (1998), a fração de água evapotranspirada corresponde à diferença entre o conteúdo de água no solo na “capacidade de campo” e ao conteúdo de água no solo em processo de ressecamento que alcançar 10 % da diferença entre o desenvolvimento da planta bem irrigada e em déficit hídrico. De acordo com os autores, a fração de água evapotranspirada tem sido utilizada para determinar uma imparcial e consistente resposta das plantas ao déficit hídrico ao longo do período de

secamento do solo. Para a formação de grãos, os autores apresentam o limite crítico da fração de água evapotranspirada entre 0,25 e 0,35.

CARLESSO & SANTOS (1998) destacaram que o milho é relativamente tolerante ao déficit hídrico durante a fase vegetativa, porém, demonstra extrema sensibilidade, com decréscimo no rendimento de grãos, se o déficit hídrico ocorrer na fase de florescimento e enchimento de grãos.

A conseqüência primária do déficit hídrico no rendimento de grãos ocorre devido à redução na expansão das folhas, à redução do aproveitamento dos nutrientes do solo e à redução na área fotossintética das plantas, conforme CARLESSO & SANTOS (1998).

É, portanto, importante a obtenção de dados climáticos regionais confiáveis, os quais visam às estimativas mais precisas da evapotranspiração e ao melhor aproveitamento das precipitações naturais no dimensionamento de sistemas de irrigação.

Segundo SOARES *et al.* (2001), a quantidade de água necessária para uma determinada cultura é um dado básico e fundamental para se planejar e praticar um manejo adequado de qualquer projeto de irrigação. Desta forma, torna-se necessário o estudo de parâmetros que auxiliem na tomada de decisão, em que um deles é o coeficiente de cultura (K_c) determinado pela razão entre a E_{Tc} e a evapotranspiração de referência (E_{to}).

Ainda para SOARES *et al.* (2001), o K_c , em condições de cobertura completa (estádio intermediário e final), é pouco variável para certa cultura, mas em condições de cobertura parcial (fases inicial e de crescimento rápido), depende, fundamentalmente, do conteúdo de água na camada superficial.

As plantas foram gradativamente domesticadas até permitirem que áreas extensas fossem cobertas com indivíduos com mesma composição genética. Quanto mais homogênea for a população de plantas, maior será sua suscetibilidade às condições ambientais, pois o ritmo da disponibilidade de energia e de água de uma região determina seu potencial de produtividade agrícola (PEREIRA, ALGELOCCI & SENTELHAS, 2002).

Segundo os autores supracitados, a disponibilidade de água depende do balanço entre chuva e evapotranspiração, sendo esta última dependente das condições da superfície (tipo de cobertura, tipo de solo) e da demanda atmosférica (disponibilidade energética, umidade do ar e velocidade do vento).

A disponibilidade hídrica no solo pode ser quantificada pelo balanço climatológico, além de evidenciar as flutuações temporais de períodos com excedente e com deficiência, bem como permitir o planejamento das atividades agrícolas. As exigências hídricas das culturas e sua relação com as condições ambientais embasam o suporte ao planejamento e quantificação da irrigação.

Segundo RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003), as condições climáticas são de fundamental importância para o requerimento de água pelas culturas e também para um manejo racional da irrigação.

A necessidade de água de uma cultura é o somatório da evaporação (E) da água da superfície do solo com a transpiração (T), através dos estômatos e cutícula das folhas, acrescida das perdas. A soma da E e T representa a evapotranspiração (ET). Em uma área cultivada, a transpiração representa de 70 a 80 % e a evaporação representa de 20 a 30 % da ET ao longo do ciclo da cultura segundo Watts, Hay & Eingenberg (1998), citados por RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

De acordo com RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003), a evapotranspiração, a qual ocorre ao longo do ciclo da cultura é chamada de evapotranspiração da cultura (ETc), contudo, após a germinação, o índice de área foliar da cultura aumenta até um valor máximo, correspondente ao grau maior de cobertura do solo pela cultura. No início do ciclo, a ETc corresponde de 10 a 20 % da ETo, devido ao fato de que a evaporação (E) é o principal componente da ETc nesta fase e se reduz ao longo do intervalo entre duas irrigações, devido ao secamento da superfície do solo, mas quando a superfície do solo está saturada ou muito úmida, E é aproximadamente igual a ETo e quando está seca, E aproxima-se de zero, e à medida que a cultura se desenvolve, a transpiração (T) tende a predominar sobre E, de tal forma que há um aumento da ETc até o ponto de máxima cobertura do solo.

Após o enchimento de grãos, a planta começa a perder a capacidade de transpirar e a ETc vai reduzindo até a fase de maturação dos mesmos (RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO, 2003).

Para Watts, Hay & Eingenberg (1998), citados por RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003), o fechamento dos estômatos nas horas mais quentes do dia, em condições de alta demanda evaporativa, é fator comum e conhecido, mesmo em solos com alto teor de umidade. O período em

que os estômatos permanecem fechados depende da facilidade com que o solo é capaz de fornecer água para a planta, para recompor a turgidez das células. À medida que o solo seca a resistência ao movimento da água até as raízes também aumenta, conseqüentemente ocorre o fechamento dos estômatos.

A duração deste período tem efeito na produção, uma vez que reduz a taxa de fotossíntese. Por isso, recomenda-se irrigar o milho quando 60 % da água totalmente disponível (ATD) for utilizada no cultivo de verão, e 80 % no de inverno, segundo RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

O milho produz melhor em temperaturas moderadas. A temperatura ideal durante o dia é de cerca de 27 °C. Ao contrário da crença popular, elevadas temperaturas noturnas não são benéficas para a produção do milho (HOEFT, 2003). Já para RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003), a temperatura influencia os processos metabólicos abaixo de 10 °C, o crescimento da planta é quase nulo, em contrapartida, quando a temperatura está acima de 30 °C durante a noite, o rendimento de grãos decresce em função dos processos metabólicos durante o dia, e ainda ressaltam que, se a temperatura noturna cair abaixo de 5 °C, a planta pode necessitar de 48h para recuperar o nível original da taxa de fixação de CO₂.

Não existe um limite máximo de temperatura para a produção de milho, no entanto, a produtividade tende a diminuir com o aumento de temperatura. Dados relatam que cada grau de temperatura média diária superior a 21,1 °C nos primeiros 60 dias após a semeadura pode apressar o florescimento de 2 a 3 dias (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

A temperatura é um dos principais fatores de ambiente que pode afetar o rendimento de grãos de milho, devido ao seu efeito na duração e na taxa de acúmulo de massa seca pelos grãos. Normalmente, o aumento da temperatura provoca aumento na taxa de crescimento e diminuição do período em que os grãos permanecem acumulando massa seca, tendo reflexos no peso final de grãos (MUCHOW, 1990).

Segundo HOEFT (2003), todas as plantas requerem um fornecimento adequado de água, temperatura (tanto diurna quanto noturna) e radiação solar abundante para permitir que o potencial de rendimento seja otimizado. Rendimentos de 10.000 kg ha⁻¹ para a cultura de milho e de 3.000 kg ha⁻¹

para a soja necessitarão de 500 mm a 600 mm de água, supridos pela combinação de precipitação pluviométrica e de água armazenada no solo.

Se a irrigação não estiver disponível, pode-se fazer todo o possível para armazenar o maior volume de água durante a estação das chuvas, assim como criar um sistema radicular que permita às plantas extraírem água de maiores profundidades. A época das chuvas freqüentemente pode ser tão importante quanto o volume de água fornecido. As condições livres de estresse de água são mais importantes quando as culturas estão na fase reprodutiva (HOEFT, 2003).

2.3 Disponibilidade de água às plantas

Segundo SEDIYAMA (1996), os principais fatores que influenciam na quantidade de água requerida pelas plantas são os climáticos, as características das plantas, as práticas culturais e o tipo de solo. As principais técnicas de estimativa do requerimento de água pelas plantas baseiam-se em dados climáticos.

A sensibilidade dos mecanismos de adaptação ao déficit hídrico depende do estágio de desenvolvimento da planta. Todavia, a freqüência e a intensidade do déficit hídrico são fatores que limitam a produção agrícola (CASTRO, FERREIRA & YAMADA, 1987), desconsiderando efeitos extremos, esta limitação é responsável por 60 a 70 % da variabilidade final da produção, e isto ressalta a importância do conhecimento das condições meteorológicas durante o desenvolvimento das plantas em períodos de baixa precipitação e elevada evapotranspiração.

A ocorrência de déficit hídrico durante o crescimento tem menor influência sobre a redução de rendimento de grãos do que a ocorrência do mesmo na floração e enchimento de grãos, segundo CASTRO, FERREIRA & YAMADA (1987).

ROSENTHAL (1987) afirmou que capacidade de água disponível (CAD) às plantas e a fração de água disponível (FAD), razão entre a quantidade atual (conteúdo de água nas camadas do solo explorado pelo sistema radicular) e a quantidade de água no solo na capacidade de campo são indicadores utilizados para determinar o déficit hídrico.

VOLPE & CHURATA–MASCA (1988) consideraram que a água armazenada no solo, disponível às plantas, representa o teor de água suficiente para manter a evapotranspiração real igual à evapotranspiração máxima. A evapotranspiração máxima poderá ser mantida até que uma dada fração do armazenamento máximo de água no solo seja retirada. Esta fração depende das condições atmosféricas, ou seja, da evapotranspiração máxima.

RITCHIE (1990) estudou que acima de 0,7 da fração de água disponível é atribuído mínimo ou nenhum efeito na evapotranspiração ou no crescimento das plantas de milho, valores próximos a 0,5 causaram reduções significativas na taxa de alongação de folhas; já valores menores que 0,3 são apresentados como limites, nos quais a alongação de folhas é mínima e a senescência destas é acelerada.

GRANT (1992) e CARLESSO (1993) encontraram valores de FAD menores que 0,25 e estes produziram significativa redução na área foliar de plantas de algodão e sorgo e demonstraram que a inibição no desenvolvimento da área foliar ocorreu quando a FAD foi inferior a 0,50. De acordo com CARLESSO (1993), a taxa relativa de transpiração ou expansão foliar está correlacionada à FAD.

Para CARLESSO (1995), o limite superior de água disponível às plantas é definido como o conteúdo de água, no solo determinado, 24 a 48 horas após a ocorrência da drenagem, a partir do umedecimento completo ou saturação do solo por irrigação ou precipitação. Sabe-se, no entanto, que o limite inferior de água disponível às plantas é definido como o valor do conteúdo de água do solo depois que as plantas, desenvolvidas normalmente, estejam completamente senescentes, com conseqüente extração de toda a água disponível no perfil do solo.

A capacidade de armazenamento de água disponível às plantas (CAD) é determinada pela diferença de conteúdo volumétrico de água entre os limites superior e inferior de disponibilidade, considerando-se cada camada do perfil do solo explorado pelo sistema radicular das plantas. Desta forma, a água do solo, disponível às plantas, é definida por uma combinação particular solo-cultura, (CARLESSO & SANTOS, 1998).

A vantagem da FAD sobre outros indicadores de déficit hídrico é que ela depende primariamente da taxa de uso da água e das propriedades do

solo, as quais podem ser determinadas com relativa facilidade nas culturas a campo (CARLESSO & SANTOS, 1998).

Segundo Fornasieri (1992), citado por GALBIATTI *et al.* (2004), em condições de FAD, o consumo médio de água pelo milho é de 573 mm, e o período de grande necessidade compreendido entre o pendoamento e o espigamento é muito sensível durante as fases fenológicas de florescimento e início da formação de grãos.

Em estudo sobre o efeito de diferentes períodos de irrigação no desenvolvimento, produção e qualidade de sementes na cultura do milho, GALBIATTI *et al.* (2004) verificaram que o período de deficiência hídrica durante o período vegetativo foi mais prejudicial à cultura e à produção e não afetou a qualidade fisiológica das sementes.

YANG *et al.* (1993) encontraram resultados semelhantes em que a deficiência hídrica, durante o período vegetativo do milho, prejudicou o desenvolvimento reprodutivo, conseqüentemente reduziu seu rendimento.

Já para ECK (1986), a redução na produção também é maior quando ocorre deficiência hídrica durante o período vegetativo que no período de enchimento de grãos, ou seja, torna-se mais tolerante progressivamente.

SILVEIRA (2003) afirmou que a fase reprodutiva apresenta a maior exigência de água pela cultura do milho, no entanto, o minimilho é colhido exatamente no início desta fase.

2.4 Disponibilidade de água no solo

A água é retida no solo, em seus poros, devido a fenômenos de capilaridade e adsorção. A capilaridade está ligada à afinidade entre as partículas sólidas de solo e água, na qual há necessidade de interfaces de água-ar (REICHARDT, 1990). A capilaridade atua na retenção de água dos solos na faixa úmida, quando os poros se apresentam razoavelmente cheios de água.

Quando um solo seca, os poros se esvaziam e filmes de água recobrem as partículas sólidas. Nestas condições, o fenômeno de adsorção passa a dominar a retenção de água. A adsorção pode ser elétrica, pois a água é um dipolo, ou material correspondente a uma atração entre os sólidos e a

água considerada (REICHARDT, 1990).

Para MOREIRA (1992), é imprescindível que se conheça a quantidade de água que um solo pode armazenar e quanto desta água pode ser utilizado pela planta, para um manejo adequado de irrigação. Faz-se necessário conhecer as características físicas do solo que contribuem para a determinação da água disponível às plantas.

Para CARLESSO & SANTOS (1998), o movimento da água do solo para a atmosfera através da planta depende das características físicas do solo. Solos arenosos apresentam grandes espaços porosos, menor área superficial e retêm menos água; enquanto solos argilosos, com partículas e poros menores, que dificultam a drenagem, retêm a água mais firmemente.

À medida que a disponibilidade de água no solo diminui a taxa de transpiração também diminui, além de ocorrer o fechamento dos estômatos, mecanismo de defesa contra as grandes perdas de água e possível morte por dessecação (GLENN, SCORZA & BASSET, 2000).

Para RUVIARO (2003), o conteúdo de água no solo controla a aeração, temperatura e impedância mecânica, dependentes da densidade do solo e tamanho dos poros. O aumento de água reduz a aeração e resistência à penetração, sendo este último o desejável. E conforme seca, torna-se mais difícil para as plantas absorverem água porque há um aumento na força de retenção e diminuição da disponibilidade de água no solo às plantas (BERGAMASCHI, 1992).

Para fins de projeto de manejo de irrigação, a disponibilidade total de água no solo é o conceito útil para definição do momento de se irrigar porque há o monitoramento da, umidade do solo (TORMENA *et al.* 1999).

Em potenciais correspondentes à umidade do solo acima ou abaixo da capacidade de campo (CC), em solos com estrutura degradada, a taxa de difusão de oxigênio pode limitar o crescimento radicular e sob condições mais úmidas que o ponto de murcha permanente (PMP) e o crescimento radicular é limitado quando houver excessiva resistência à penetração, segundo TORMENA *et al.* (1999).

Ao estudar a deficiência hídrica, BERGAMASCHI *et al.* (2004) verificaram que a disponibilidade hídrica no solo é o principal fator de transpiração no milho e sob déficit hídrico, as plantas tendem a assumir

comportamento conservador ao manterem os estômatos fechados e responderem pouco às variações climáticas.

Para FARIA *et al.* (2000), a irrigação é uma alternativa utilizada para viabilizar e aumentar a produção agrícola em locais de baixos índices pluviométricos. A estimativa adequada da evapotranspiração da cultura (ETc) consiste no principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, uma vez que totaliza a quantidade de água utilizada nos processos de evaporação e transpiração pela cultura durante determinado período.

A ETc é obtida pelo valor da evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo) corrigida pelo coeficiente da cultura (Kc), o qual é dependente do tipo de cultura e de seu estágio de desenvolvimento. É, portanto, importante a obtenção de dados climáticos regionais confiáveis visando às estimativas mais precisas da evapotranspiração e ao melhor aproveitamento das precipitações naturais no dimensionamento de sistemas de irrigação (FARIA *et al.* 2000).

2.5 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação busca suprir a necessidade hídrica da cultura na medida certa, sem déficit, nem excesso. É muito importante, para se obter sucesso na produção e também para preservar o meio ambiente, que o manejo de irrigação seja feito de forma adequada (GOMES & TESTEZLAF, 2004).

A irrigação permite a suplementação de água nos períodos de estiagem e a utilização contínua da área a fim de possibilitar duas a três safras por ano, de acordo com a espécie cultivada. O milho cultivado em sistema de sucessão e rotação oferece algumas vantagens em comparação com outras gramíneas; por ser uma cultura de verão, produz quantidade de restos culturais que podem ser incorporados ou deixados na superfície, em plantio direto (RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO, 2003).

Outra característica na produção de grande importância é a chamada “safrinha”, cuja representação é de 17 % da produção nacional; quando realizada em condições climáticas não adequadas, a produção oscila consideravelmente, mas se oferece como alternativa para os agricultores e

estabiliza os preços ao longo do ano, pois ocupam uma área superior à do plantio de época normal como ressaltaram RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

O milho é uma cultura muito exigente em água, pode ser cultivado em regiões com precipitações mínimas de 250 mm até 5000 mm anuais, porém o recomendável, para consumo durante seu ciclo, está em torno de 600 mm, como observaram Magalhães & Paiva (1993), citados pela EMBRAPA (1993).

Após 100 % de cobertura do solo pela cultura do milho, o consumo pode se elevar para 5 a 7,5 mm diários, mas se a temperatura estiver muito elevada e a umidade do ar muito baixa poderá chegar a até 10 mm dia⁻¹ (MARINATO, 1980).

MATZENAUER *et al.* (1984) também observaram que as maiores exigências da cultura em água se concentram nas fases de emergência, florescimento e formação de grãos. O consumo de água pela planta, nos estádios iniciais de crescimento, raramente excede 2,5 mm dia⁻¹, afirmou AVELAR (1986).

O solo constitui um reservatório ao qual se repõe, periodicamente, a água retirada pela cultura, respeitando-se um valor limite inferior para a disponibilidade de água. Apesar de ser bastante criticado, o conceito de água disponível (AD) entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), $AD = CC - PMP$ é amplamente utilizado neste contexto (RITCHIE, 1981).

O manejo racional da irrigação deve evitar que a água disponível atinja valores que afetam a transpiração das plantas. A determinação da lâmina de irrigação pode ser feita de diversas formas: (i) medida da evapotranspiração; (ii) percentual da demanda da evaporação da atmosfera; (iii) ou pela análise das lâminas médias utilizadas em outras regiões com o mesmo clima e cultura (ENGLISH & NAKAMURA, 1989).

Vários métodos podem ser utilizados para definir o momento de se proceder à irrigação; segundo TORMENA *et al.* (1999) o de mais fácil utilização é por meio do controle do potencial da água no solo.

O manejo de irrigação deve proporcionar condições adequadas de aeração do sistema radicular e disponibilizar água às plantas, entretanto quando há excesso de água há uma diminuição na troca de gases, além de

ocorrer perda de água por escoamento superficial ou por drenagem profunda, pois o déficit hídrico é uma das principais limitações à produção vegetal (KLEIN, 2001).

A irrigação não pode e não deve ser entendida como um procedimento artificial para atender somente às condições de umidade do solo. A escolha de variedades adaptadas a uma determinada região, bem como espaçamentos de plantio adequados, adubação que satisfaça as condições de altos rendimentos, controle fitossanitário, combate à erosão, aplicação correta de irrigação e finalmente a colheita devem fazer parte de um único sistema de produção (HERNANDEZ, 1999).

Existem métodos de manejo de irrigação, entretanto os mais utilizados estão baseados no solo ou em dados climáticos. Ainda, podem ser feitas combinações entre estes. Em todo manejo de irrigação, o importante é determinar quando e quanto de água aplicar (GOMES & TESTEZLAF, 2004).

O conhecimento dos fatores climáticos é de fundamental importância para o manejo racional da irrigação, segundo HERNANDEZ (1999), pois permitem, com uma aproximação significativa, estimar a evapotranspiração, que é o consumo de água de um determinado local, pela evaporação da água do solo e pela transpiração das plantas, ocorrida durante o processo de fotossíntese.

Em termos econômicos, a implantação e a operação de sistemas de irrigação envolvem custos elevados e, normalmente, a máxima produtividade física não corresponde à maior receita líquida, devido à natureza complexa da resposta das culturas à irrigação, variabilidade climática e flutuações das condições econômicas. Logo, para uma empresa agrícola, a determinação de aplicação de uma lâmina de água de irrigação que proporcione a maior receita líquida, torna-se importante. Uma maneira de se escolher uma lâmina de água economicamente viável entre diferentes opções de lâminas de água existentes, é a utilização de técnicas que auxiliem na tomada de decisão (HEINEMANN, SOUSA & FRIZZONE, 2001).

O conhecimento da lâmina crítica de irrigação, capaz de promover uma melhor produtividade, é importante para o manejo racional da irrigação e conforme ENGLISH & RAJA (1996), a insuficiência das lâminas de irrigação expõe a cultura a condições hídricas deficientes, bem como diminui o potencial

produtivo da mesma.

Em estudos sobre lâminas de irrigação, PEREIRA, VILLA NOVA, & SEDIYAMA (1997) ressaltaram que é importante para o manejo racional da irrigação conhecer a lâmina crítica de irrigação para melhorar a produtividade agrícola.

CARLESSO & SANTOS (1998) salientaram que, o estabelecimento de lâminas críticas de irrigação permite praticidade na realização do manejo da lâmina pela determinação do momento e quantidade de água a serem aplicadas, por meio do controle da lâmina de água evapotranspirada do solo.

A irrigação apresenta comportamento de ciência exata até que a água seja derivada do canal ou saia do aspersor ou gotejador. Após sua infiltração no solo, vários termos são utilizados para tornar este sistema extremamente complexo, os quais envolvem diferentes tipos de solo, clima e planta. Isto atesta a não existência de formas precisas para manejo das irrigações, ao longo do ciclo, conforme RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

Quando mal planejadas, as irrigações podem acarretar em sérias complicações, como: maior consumo de água, maior necessidade de mão-de-obra, maior possibilidade de salinização, perdas de água por percolação, maior custo de energia, aumento de lixiviação de nutrientes e maior possibilidade de contaminação ambiental, portanto, é fundamental estimar quanto e quando irrigar (RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO, 2003).

Trabalhos com distintas lâminas de irrigação, a partir da ET_c da cultura, estudados por Lamm *et al.* (1955), citados por RUVIARO (2003), verificaram que o rendimento máximo de grãos foi alcançado com aplicação de 75 % da ET_c.

Entretanto RUVIARO (2003), ao aplicar lâminas de irrigação para a cultura de milho, baseadas na evapotranspiração da cultura, não encontrou diferença no rendimento de grãos.

2.5.1 Estimativa da evapotranspiração e tanque classe A

Segundo SOARES *et al.* (2001), os processos de evaporação de água no solo e de transpiração das plantas ocorrem simultaneamente, mas podem ser estudados de forma independente. A evaporação é a mudança da água da

fase líquida para a fase gasosa e ocorre tanto numa massa contínua (rio, lago e represa) como numa superfície úmida (solo, planta); sua função é transformar a energia interna do sistema em calor latente.

O manejo da irrigação, baseado em dados climáticos, tem como principal objetivo determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c), pois esta corresponde à água transferida para a atmosfera pela evaporação do solo e da transpiração das plantas, segundo GOMES & TESTEZLAF (2004), e ainda, a estimativa da evapotranspiração pode ser determinada por métodos diretos (lisímetros), ou indiretos (evaporímetros e equações).

Para SEDIYAMA (1996), conhecendo-se a evapotranspiração, pode-se determinar o limite de água a ser aplicada. A relação entre evapotranspiração de culturas com elementos meteorológicos ou estimada por fórmulas de evaporação ou evapotranspiração é uma importante linha de pesquisa, pois segundo MATZENUER, BERGAMASCHI & BERLATTO (1998), permite a estimativa de consumo de água em diversos locais, bem como melhora o suprimento por irrigação.

MENDONÇA, SOUSA & BERNARDO (2003) compararam os valores de ETo obtidos em lisímetro de pesagem com grama com os valores resultantes da utilização dos métodos de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, Radiação Solar, Makkink, Linacre, Jensen-Haise, Hargreaves-Samani, Tanque Classe "A" e Atmômetro SEEI modificado. Todos os métodos avaliados, com exceção do Atmômetro SEEI modificado, atenderam satisfatoriamente à estimativa da ETo na região norte fluminense (Rio de Janeiro), principalmente em períodos de sete e dez dias.

Ao estudar a evapotranspiração do milho, Muller (1989), citado por SILVEIRA (2003), obteve valores médios de 4,7 mm dia⁻¹, no ciclo, quando submeteu à tensão de água no solo de -30 Kpa. Enquanto SILVEIRA (2003), quando utilizou tanque classe A, obteve evapotranspiração média de 3,12 mm dia⁻¹.

CONCEIÇÃO (2002), ao trabalhar com a estimativa da evapotranspiração, baseada no tanque classe A, usou valores para o Kt fixos, e encontrou valores satisfatórios, mas observou que a umidade relativa do ar e a velocidade do vento não devem apresentar grandes variações durante o período.

Existem vários métodos para efetuar-se o manejo da água de irrigação. Dentre eles, destaca-se o do tanque classe A, devido à sua facilidade de operação, custo relativamente baixo e, principalmente, a possibilidade de instalação próxima à cultura a ser irrigada (VOLPE & CHURATA-MASCA, 1988), além dos resultados satisfatórios para a estimativa da demanda hídrica das mesmas. Apesar de fornecer uma medida superestimada da demanda hídrica da cultura, esta medida associa os efeitos integrados dos diferentes fatores que influem na evapotranspiração da cultura.

O tanque de evaporação classe A tem sido empregado largamente para obtenção de coeficientes da evapotranspiração de cultura atestaram Denmead & Shaw (1959), Fritshen & Shaw (1961), Doss *et al.* (1962), Lomas *et al.* (1974), Tan & Fulton (1980), Berlato *et al.* (1986), Matzenauer *et al.* (1988) citados por MATZENAUER, BERGAMASCHI & BERLATTO (1998). Os mesmos autores ainda citaram diversos trabalhos que determinam a relação entre a evapotranspiração de diversas culturas com a evaporação do tanque classe A.

A evapotranspiração da cultura pode ser usada como parâmetro para o estabelecimento da lâmina crítica. O conhecimento da lâmina crítica oferece, portanto, importante ferramenta para o manejo racional da irrigação ENGLISH & RAJA (1996).

CARLESSO *et al.* (2000), em estudos com manejo da irrigação do milho a partir da evapotranspiração máxima, concluíram que o mesmo deve ser realizado com aplicação de irrigação quando a evapotranspiração da cultura indicar valor acumulado de 20 a 25 mm, e lâminas maiores que 30 mm ocasionam redução no rendimento de grãos e acúmulo de massa seca da parte área da planta, válido para o estado do Rio Grande do Sul.

CARLESSO *et al.* (2003) aplicaram a metodologia com aplicação de lâminas de irrigação baseadas na evaporação do tanque classe A na cultura do

feijão e observaram que a ETc obtida pela fórmula desconsidera a ocorrência

de restrições de água no solo para as plantas, contudo, de acordo com a demanda atmosférica, à medida em que ocorre depleção de água no solo, a evapotranspiração real torna-se máxima. Por outro lado, é uma prática que apresenta funcionalidade para o manejo da irrigação porque assegura às plantas condições de umidade do solo sempre superiores, ou, no máximo iguais à lâmina de manejo pré-estabelecida. Este é um dos motivos da grande utilização do tanque classe A para determinações da evapotranspiração e manejo da irrigação.

2.5.2 Irrigação por gotejamento e eficiência de aplicação

A área irrigada global é de aproximadamente 270 Mha; isto representa aproximadamente 17 % da área total cultivada e contribui com 40 % da produção de alimentos (SANTOS, 1998), portanto, a produtividade mundial da agricultura irrigada equivale a 2,35 vezes a agricultura de sequeiro. Ainda de acordo com SANTOS (1998), a área irrigada brasileira representa apenas 5 % da área total cultivada, porém, enquanto a área total irrigada cresceu 15,6 %, a

área “*per capita*” decresceu 3,2 % no mesmo período, Christofidis (1999), citado por RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

No caso do Brasil, usa-se na agricultura quase 61 % da água desviada das fontes, em comparação ao uso industrial (18 %) e ao uso municipal e doméstico (21 %), segundo Christofidis & Rebouças (1999) citados por RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

A área irrigada total em território brasileiro em 2003 estava estimada em aproximadamente 3,5 Mha (CODEVASF, 2004), com cerca de 500 mil hectares no semi-árido nordestino e representa 24 % da área total irrigada no Brasil, enquanto a região sul responde por uma área de 39 %. Deste total de área irrigada em território brasileiro, apenas 8 % utilizam-se do método de irrigação localizada.

Ao constituir-se numa técnica que permite alcançar a máxima produção em complementação às demais práticas agrícolas, a irrigação tem sido alvo de considerável interesse, principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Sul do Brasil. De fundamental importância para a produção agrícola em regiões áridas, a irrigação vinha sendo constantemente relegada a um plano inferior nas regiões onde, sob certas condições, a precipitação natural permitia que as culturas se desenvolvessem e produzissem normalmente, concluíram LIMA, FERREIRA & CHRISTOFIDIS (2004).

A irrigação por gotejamento ocupa significativa porção das áreas irrigadas no mundo, pois é utilizada em áreas específicas e para culturas economicamente rentáveis, haja vista este método possuir alto custo de equipamentos, instalação e manutenção (SOUZA & MATSURA, 2004)

Para DAKER (1984), a irrigação por gotejamento, para efeito de economia de mão-de-obra, é usada em sistema fixo, contudo seu custo é mais elevado; isto limita seu uso somente para culturas intensivas e muito rentáveis.

Segundo AZEVEDO (1986) e SOUZA & MATSURA (2004), a irrigação por gotejamento compreende a aplicação de pequenas quantidades de água diretamente na zona radicular das plantas, pela fonte pontual ou linha de gotejadores sobre ou abaixo do solo, com pressões de operação, cuja variação está entre 20-200 kPa e baixa vazão (1-30 L h⁻¹).

A irrigação por gotejamento, quando bem manejada, permite maior eficiência de aplicação de água e o resultado é um melhor controle da lâmina

aplicada sem perdas por percolação nem escoamento superficial (GOMES & SOUSA, 2002).

A eficiência do uso da água (EUA) relaciona a acumulação de biomassa ou produção comercial com a quantidade de água aplicada ou evapotranspirada pela cultura (SOUSA *et al.* 2000).

Em agricultura irrigada para elevação dos níveis de produção e determinação da EUA, é necessário o manejo adequado de irrigação, bem como o emprego da irrigação por gotejamento com o fornecimento de água com alta frequência e em baixo volume (SOUSA *et al.* 2005).

Também segundo SOUSA *et al.* (2005), quando a eficiência do uso da água é determinada a partir da quantidade de água aplicada, a escolha do sistema de irrigação e a redução do período de aplicação de água no ciclo da cultura constituem pontos significativos, pois a distribuição da água e a manutenção dos níveis ótimos de umidade no solo durante o ciclo da cultura reduzem as perdas de água por drenagem e os períodos de estresse hídrico da cultura, o que implica num aumento a EUA.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condições ambientais da área experimental

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2005, no Sítio Santa Luzia, distrito de São Jorge, município de São Miguel do Iguazu – PR, com coordenadas geográficas de 25°24'34"S; 54°11'06,5"W e altitude média de 298 m. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é Cwa (clima tropical de altitude, com inverno seco e temperatura do mês mais quente maior que 22 °C), conforme PEREIRA, ALGELOCCI & SENTELHAS (2002).

A temperatura média anual nos meses mais frios varia de 18 °C a 20 °C e nos meses mais quentes fica entre 34 °C e 36 °C, com precipitação média anual entre 1500 mm a 1750 mm (INMET, *on line*, 2005).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico, com textura argilosa e relevo plano (EMBRAPA, 1999), cujas características químicas na camada de 0-20 cm são apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01 Características químicas do solo da área experimental

Prof. (cm)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	H+Al	Ca	Mg CmoL _c	K dm ⁻³	S	CTC	V
0-20	5,20	33,51	12,49	3,69	6,85	2,53	0,30	9,68	13,37	72,40

O experimento foi instalado em uma área de 400 m² (16 X 25 m), com quatro níveis de irrigação (tratamentos) e cinco repetições, ou seja, um total de vinte parcelas. Na Figura 02, está apresentado o croqui da área experimental.

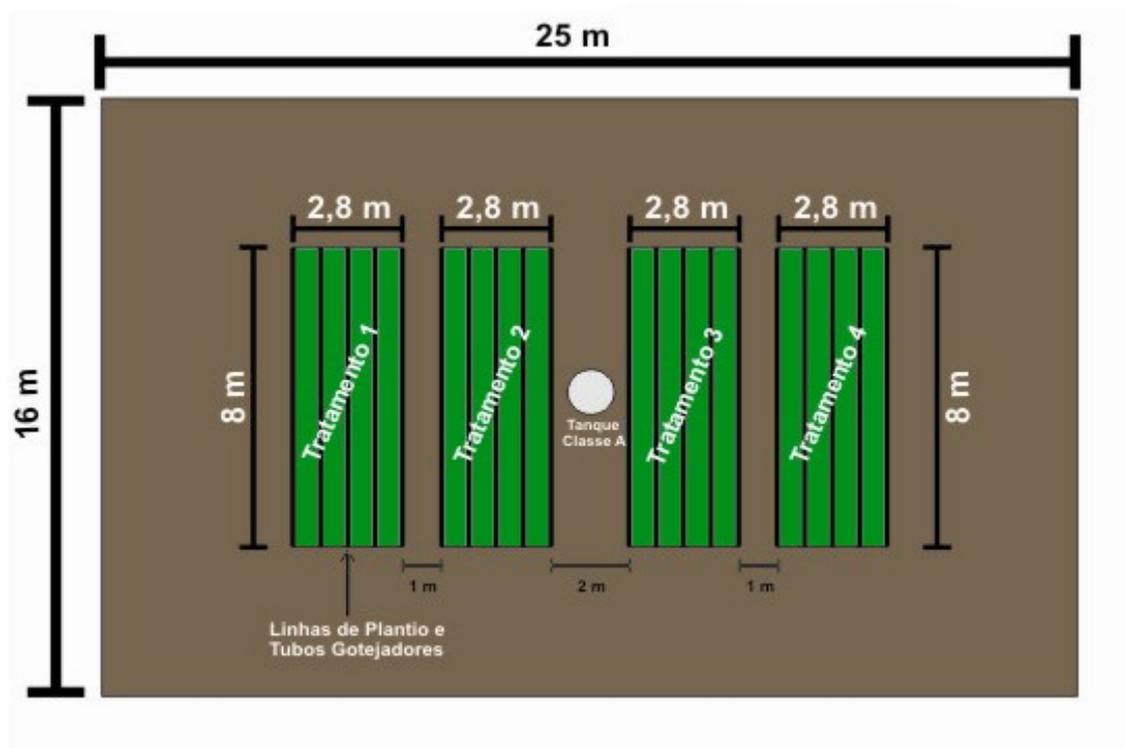


Figura 02 Croqui da área experimental.

O delineamento estatístico foi em parcelas subdivididas ("SPLIT PLOT"), pois segundo BANZATTO & KRONKA (1992), este tipo de delineamento permite um estudo simultâneo de vários fatores para chegar aos resultados de interesse. A principal característica deste é que parcelas inteiras ou unidades inteiras recebem os níveis de um dos fatores e são divididas em subparcelas ou subunidades, às quais os níveis de um fator adicional são aplicados.

O tratamento principal constitui-se de lâminas de irrigação, entretanto, as repetições nas subparcelas como tratamento secundário, são representadas por uma área com dimensões de $5,6 \text{ m}^2$ ($0,7 \times 8 \text{ m}$), com cinco linhas de semeadura de 8 m de comprimento cada. A área ao redor (bordadura) foi cultivada com a mesma variedade de milho pipoca, semeada em 05 de janeiro, ou seja, 27 dias antes da semeadura na área demarcada, perfazendo uma área de 280 m^2 . Cada parcela foi separada por 1 m entre fileiras, para que não sofresse influência dos tratamentos.

A estimativa da necessidade de água ou o valor da ET_c ao longo do ciclo da cultura e para os diferentes tratamentos foi estimativa pela

evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultura (K_c), (RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO, 2003).

Conforme ALLEN *et al.* (1998), a evapotranspiração da cultura (ET_c) é estimada por meio da evapotranspiração de referência (ET_o) e pelo coeficiente de cultura (K_c), ou seja:

(1)

em que:

ET_c = Evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1});

ET_o = Evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

K_c = Coeficiente da cultura;

O coeficiente de cultura (K_c) é uma função da cultura e do seu estágio de desenvolvimento vegetativo (DOORENBOS & KASSAM, 1994).

A evapotranspiração da cultura de referência (ET_o) pode ser definida como uma cultura de 0,12 m de estatura, cuja resistência na superfície é de 70sm^{-1} e um albedo de 0,23, próximo de uma grama verde, estatura uniforme e bem úmida (ALLEN *et al.* 1998).

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida pelo produto da evaporação do tanque classe A, por um coeficiente de tanque (K_t), ou seja:

$$ET_o = E.K_t$$

(2)

em que:

E = evaporação do tanque classe A (mm dia^{-1});

K_t = coeficiente do tanque;

O coeficiente do tanque (K_t) depende da bordadura, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento (ALLEN *et al.* 1998).

O tanque classe A é cilíndrico com 120 cm de diâmetro, 30 cm de altura e fundo plano, em chapa galvanizada nº 22 (Figura 03). Para uma leitura precisa, instala-se um poço tranquilizador da água dentro do tanque, assim, a leitura é feita por intermédio do “parafuso micrométrico de gancho”, cuja precisão é de até 0,02mm, quando colocado dentro do “poço tranquilizador”. O tanque deve ser instalado próximo à cultura em questão, sobre um estrado (madeira) de 10 cm de estatura, é norma deixar 5 cm da borda, portanto, a altura máxima de água é igual a 25 cm. Recomenda-se que o tanque seja reabastecido a cada quatro ou cinco dias, conforme DOORENBOS & KASSAM (1994).

A evaporação do tanque (E) é a lâmina de água evaporada por dia. A lâmina da água evaporada pode ser medida com régua graduada, porém, para maior precisão, recomenda-se o micrômetro de gancho (BERNARDO, 1995).

Quando se usa tanque classe A, a lâmina de irrigação (L) é igual ao somatório da evapotranspiração da cultura (ET_c) em um dado período entre duas irrigações consecutivas menos a precipitação (P) no mesmo período (n), portanto:

(3)

em que:

L = Lâmina Líquida (mm);

P = precipitação pluvial (mm);

Quando se determina a lâmina líquida (L), faz-se necessário determinar a lâmina bruta de irrigação (LB). Para irrigação em gotejamento, deve-se levar em conta a eficiência de aplicação (Ef) que fica em torno de 85 a 90 %, (RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO, 2003).

$$LB = \frac{L}{Ef}$$

(4)

em que:

LB = Lâmina bruta (mm);

Ef = Eficiência de aplicação (%).

Os dados concernentes à evapotranspiração de referência foram obtidos a partir da evaporação do tanque classe A (Figura 03), e do coeficiente do tanque que serviu de base para o controle das irrigações, instalado no centro da área experimental.

A leitura e manejo do tanque classe A foram realizados conforme recomendaram VOLPE & CHURATA-MASCA (1988) - equação 02. Com o objetivo de contabilizar, no mesmo horário, a evapotranspiração da cultura (ETc) foi calculada entre o produto da evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultura (Kc) - equação 01 (DOORENBOS & KASSAN, 1994). Os valores do coeficiente de cultura foram diferenciados de acordo com os estádios de desenvolvimento da cultura (RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO, 2003).

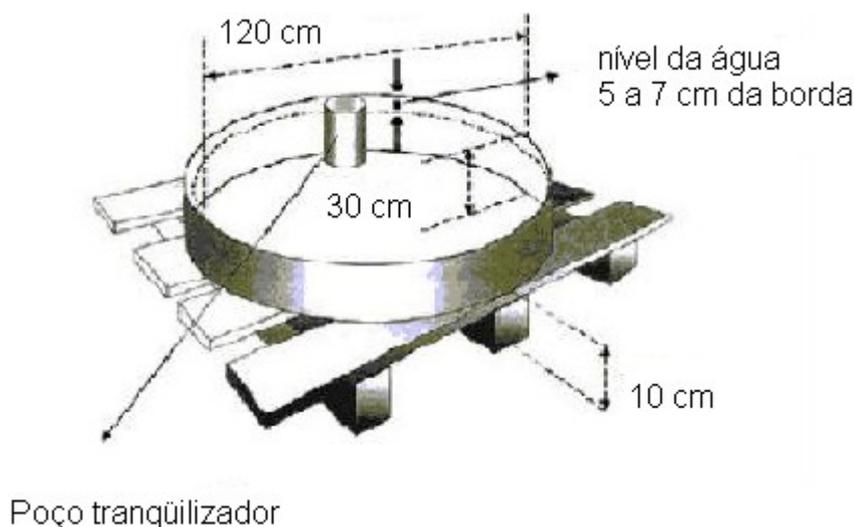


Figura 03 Tanque Classe A e seus componentes.
Fonte: Allen *et al.* (1998).

Os dados de temperaturas máxima, média e mínima, os valores de precipitação, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento foram obtidos no posto agrometeorológico, instalado no local, situado na área experimental.

Os tratamentos foram aplicados quando a ETo da cultura indicava os seguintes valores acumulados: T1 – nível de irrigação correspondendo a 15 mm acumulados da evapotranspiração de referência do tanque classe A; T2 - nível de irrigação correspondendo a 30 mm acumulados da evapotranspiração de referência do tanque classe A; T3 – nível de irrigação correspondendo a 45 mm acumulados da evapotranspiração de referência do tanque classe A; T4 – nível de irrigação correspondendo a 60 mm acumulados da evapotranspiração de referência do tanque classe A.

3.2 Irrigações e eficiência do uso da água

Procurou-se adaptar o método da forma mais confiável possível ao utilizar de metodologia para controle eficiente da lâmina de irrigação. Inicialmente, foram aplicadas duas irrigações, a primeira logo após a semeadura com 15 mm e a segunda com mais 18 mm, no dia seguinte, para levar a umidade do solo à capacidade de campo, seguindo recomendações de classes características físico-hídricas para solos argilosos, segundo RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

A seguir, as irrigações foram promovidas igualmente até os 20 DAE, para que houvesse pleno desenvolvimento da cultura, quando a evapotranspiração atingia valor acumulado de 20 mm, efetuou-se, em média, uma irrigação a cada três ou quatro dias. A partir daí, o manejo de irrigação, baseado na evaporação do tanque classe A, foi diferenciado em quatro alternativas de tratamento: T1 – 15 mm, T2 – 30 mm, T3 - mm e T4 – 60 mm.

Para aplicação dos tratamentos, foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento (tubo gotejador), distribuído em cada linha das parcelas, com espaçamento de 0,2 m entre gotejadores, perfazendo sete gotejadores m^{-2} , controlados por um registro de $\frac{1}{2}$ ". O sistema operou a uma pressão média de 50 kPa, com gotejadores cuja vazão média era de $21,0 L h^{-1}$.

As lâminas de água a serem aplicadas, com frequência variável, pois eram dependentes da evapotranspiração do tanque classe A, foram calculadas considerando-se a evapotranspiração da cultura medida no período, de acordo com cada tratamento, menos a precipitação no mesmo período pelo produto da eficiência de aplicação de água pelo sistema de irrigação por gotejamento (90%), conforme Equações 03 e 04.

(3)

$$LB = \frac{L}{Ef}$$

(4)

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada pela relação entre a produtividade e a lâmina de água (SOARES & KLAR, 2001), conforme Equação 05.

(5)

em que:

EUA = eficiência do uso da água (kg m^{-3});

P = produtividade (kg ha^{-1});

C = consumo de água ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

Determinou-se a eficiência do uso da água em função da irrigação, considerando-se a produtividade comercial (P_c) e a produtividade total (P_t).

O solo estava coberto com resíduo da cultura de milho da safra anterior, e em toda a área, após a passagem da grade. A mesma foi deixada dois meses em pousio para possível decomposição desses resíduos, e o restante foi removido para a instalação do experimento, juntamente com os tubos gotejadores.

De acordo com o resultado de laudo técnico, não houve necessidade de adubação na semeadura devido à boa fertilidade do solo.

A semeadura foi realizada manualmente, no dia 01 de fevereiro de 2005, assim, utilizou-se o espaçamento entre linhas de 0,70 m, e 0,080 m entre plantas da parcela à profundidade de 0,04 m.

Foi utilizada a variedade de milho pipoca (*Zea mays L.*) BRS Ângela, com características de ciclo precoce, grãos brancos, alta produtividade, estabilidade de produção, a qual apresentou, para a região, um bom índice de capacidade de expansão. E também por ter sido recentemente desenvolvida pelo programa de melhoramento de milho da Embrapa Milho e Sorgo. Outra vantagem desta cultivar é sua pureza genética, que pode ser facilmente mantida, com a eliminação dos grãos amarelos, resultantes de cruzamentos indesejados.

A data da emergência das plântulas foi considerada quando, aproximadamente, 75 % das plântulas emergiram. Isso ocorreu aos cinco dias após a semeadura. No estágio de crescimento vegetativo (ii), com três folhas totalmente expandidas (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000), efetuou-se desbaste manual para ajustar a população aos valores desejados, isto ocorreu aos oito dias da emergência (DAE), para uma densidade de 12 plantas por metro linear. Todas as parcelas tinham um estande de 180.000 plantas por hectare. Imediatamente após o desbaste, foi feita a adubação de cobertura nitrogenada na dose de 100 kg ha^{-1} , na forma de uréia. A mesma antecipada

para o estágio de três a quatro folhas desenvolvidas (PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO, 1998).

Foram efetuadas duas aplicações de inseticidas contra lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) durante a fase de crescimento vegetativo das plantas, com uma aplicação aos dez dias após emergência (DAE), e uma segunda aos 23 DAE. Houve necessidade de capina aos 18 dias após emergência (DAE) e devido ao cultivo adensado não houve a segunda capina.

3.3 Determinações morfológicas das plantas

3.3.1 Análise de crescimento

A análise de crescimento é o meio mais acessível e preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (BENINCASA, 2003).

A análise de crescimento foi avaliada pela mensuração da estatura da planta (EP), área foliar (AF), número de folhas (NF), número de folhas senescidas (NFS) e índice de área foliar (IAF). Inicialmente, foram selecionadas e identificadas cinco plantas por parcelas, semelhantes em estatura e em número de folhas para determinação da análise de crescimento, as medidas foram realizadas uma vez por semana até os 20 dias após emergência (DAE), pois havia homogeneidade no manejo da irrigação.

Vinte dias após emergência (DAE), sob manejo diferenciado da irrigação, também foram selecionadas e identificadas cinco plantas por parcela semelhantes em estatura e em número de folhas, para determinação da análise de crescimento; cabe salientar que as medidas foram realizadas duas vezes por semana.

A estatura das plantas (EP) foi obtida pela distância vertical entre a superfície do solo e a bainha da folha mais elevada da planta em metros.

A área foliar foi determinada individualmente em cada folha, medindo-se desde a emergência da folha do cartucho até o aparecimento da bainha em metros quadrados. A área foliar de cada folha foi obtida entre o produto do comprimento e a largura máxima da folha multiplicado pelo fator 0,75 (STICKLER, WEARDEN & PAULI, 1961).

O índice de área foliar (IAF) foi determinado ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas pela razão entre a área foliar fotossinteticamente ativa da planta (área foliar total, desconsiderando a área das folhas senescidas) e a área superficial do solo ocupado pela planta.

A senescência foi determinada juntamente com as medidas de área foliar, em cada folha, pela estimativa da parte da folha senescidas, por conseguinte, utilizou-se uma escala de 0 a 100 %, ou seja, correspondia à folha totalmente verde e senescida, respectivamente.

3.3.2 Componentes da produção

Quando os estilos-estigma apresentavam de 0,01 m a 0,02 m, foi realizada a colheita das espiguetas. A primeira colheita foi realizada em 30 de março de 2005 (60 DAE), nas parcelas que receberam os T1 – 15 mm e T2 – 30 mm. Obtiveram-se, nesta ocasião, os seguintes dados:

- a) Número de espigas por planta (NE), unidade;
- b) Estatura de inserção da primeira espiga (EI), em m;
- c) Comprimento de espigas com palha (CECP), em m;
- d) Comprimento de espigas sem palha (CESP), em m;
- e) Diâmetro de espigas com palha (DECP), em m;
- f) Diâmetro de espigas sem palha (DESP), em m;
- g) Massa de espigas com palha (MECP), em g;
- h) Massa de espigas sem palha (MESP), em g;
- i) Número de fileiras de grãos por espiga ($NF E^{-1}$), unidade e
- j) Número de espigas que perfazem 360g.

A operação de colheita para as parcelas T3 – 45 mm e T4 – 60 mm foi efetuada nos dias 01 e 02 de abril de 2005, a fim de que fossem efetuadas as mesmas medidas acima. Para T1 – 15 mm e T2 – 30 mm, a colheita foi repetida mais duas vezes, nos dias 01 e 02 de abril de 2005 (61 e 62 DAE).

As medidas supracitadas, das letras c a j, foram apresentadas pelas médias das colheitas, com exceção das massas, que foram totalizadas. Não foram efetuadas nestas colheitas as medidas de EP e EI, uma vez que já havia sido retirada a primeira espiga de muitas plantas.

Os resultados foram submetidos à análise estatística, pelo programa

Sisvar (FERREIRA, 2000). Determinou-se a análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparadas em nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey e pela análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condição climática

As temperaturas, durante a fase experimental, nos meses de fevereiro e março, não se mantiveram dentro da faixa recomendada para a cultura do milho, válidas também para o minimilho. Estas variaram entre de 16 °C (mínima) e 45 °C (máxima). A média das temperaturas máximas foi de 38,37 °C e a média das mínimas de 20,33 °C, enquanto a temperatura média ficou em torno de 31,57 °C. Há, portanto, a evidência de que, em relação à temperatura, houve restrição à cultura, pois se recomendam temperaturas em torno de 27 °C, segundo HOEFT (2003) e RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003). Os dados referentes à temperatura para os meses de fevereiro e março de 2005 são apresentados na Figura 04.

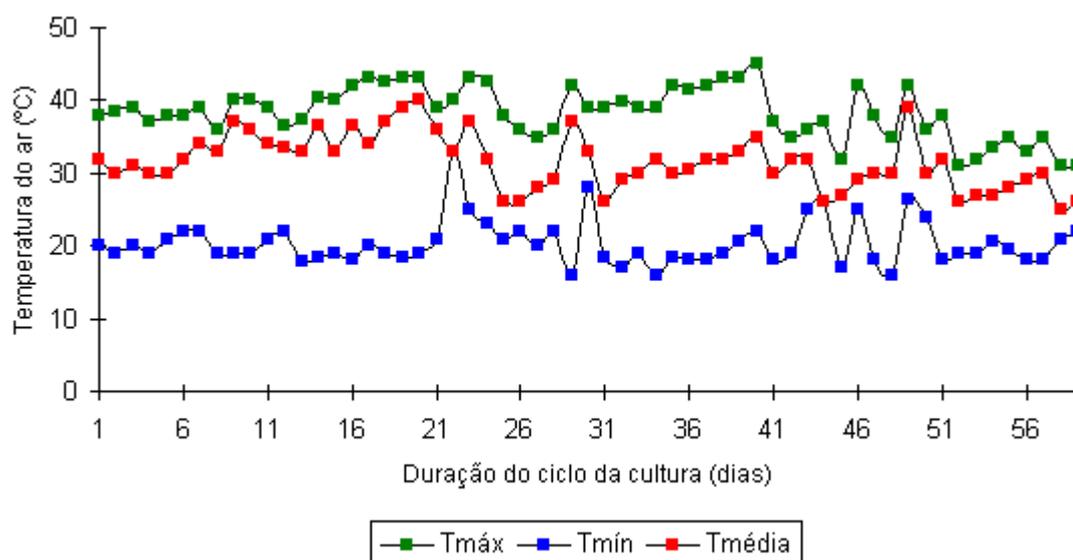


Figura 04 Temperaturas máxima, mínima e média (°C) ocorridas durante o período experimental nos meses de fevereiro, março e abril de 2005.

Os dados médios de precipitação, umidade relativa do ar, velocidade do vento e evaporação do tanque classe A, observados durante o ciclo da cultura, são apresentados na Tabela 02.

Tabela 02 Precipitação, umidade relativa do ar, velocidade do vento e a evaporação do tanque classe A durante o ciclo da cultura do minimilho nos meses fevereiro e março de 2005

<i>Dias após semeadura</i>	<i>Precipitação (mm)</i>	<i>Umidade Relativa (%)</i>	<i>Vel. Vento (m s⁻¹)</i>	<i>Evaporação (mm)</i>
3	0,00	70,25	1,53	5,00
7	0,00	73,25	1,53	5,00
11	0,00	70,25	1,88	4,50
15	0,00	63,00	1,60	5,25
19	0,00	69,50	1,32	5,75
23	0,00	61,25	2,43	5,63
27	4,00	83,75	2,01	2,75
31	4,00	73,00	1,53	5,50
35	0,00	71,55	1,04	5,80
38	0,00	68,25	1,53	6,65
42	3,00	81,00	2,57	5,15
45	0,00	77,50	1,46	6,60
49	10,00	89,00	2,57	3,65
53	12,00	90,00	1,74	3,55
57	0,00	80,00	1,25	4,95
60	0,00	80,50	1,81	3,50

Durante o experimento, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento ficaram numa média de 74,89 % de 1,75 m s⁻¹, respectivamente. Segundo MARINATO (1980), se a temperatura do ar for elevada e a umidade do ar baixa, o consumo de água pode aumentar. Este fator, neste experimento, induziu a um menor consumo de água, pois ocorreram elevadas umidades do ar e baixas velocidades do vento.

A precipitação total registrada para o ciclo da cultura foi de 33 mm, valor bem abaixo da média dos anos anteriores. A indicação é de que, em sistema de sequeiro, a cultura sofreria déficit hídrico durante todo o ciclo.

Para os dados médios de evaporação do tanque classe A, coletados durante o ciclo da cultura, apresentados na Tabela 02, foram observados valores máximos de 8 mm dia⁻¹, a evaporação do tanque classe A mínima foi

de 1 mm dia^{-1} ; a média de todas as medidas efetuadas foi de $4,96 \text{ mm dia}^{-1}$, enquanto a evapotranspiração de referência máxima diária foi 6 mm dia^{-1} , a evapotranspiração de referência mínima de $0,40 \text{ mm dia}^{-1}$ e a média das medidas de evapotranspiração de referência foi de $3,93 \text{ mm dia}^{-1}$. Os dados são apresentados na Figura 05.

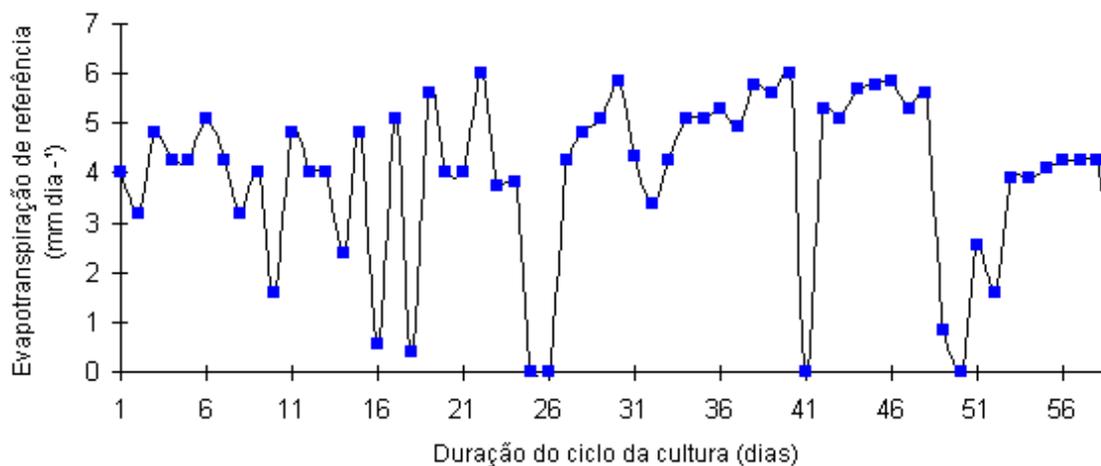


Figura 05 Evapotranspiração de referência (ET_o) em (mm dia⁻¹) durante o período experimental nos meses de fevereiro, março e abril de 2005, medida pelo tanque classe A.

Para todo o período da cultura, a evapotranspiração de referência foi de 231,64 mm. Resultados semelhantes foram encontrados por SILVEIRA (2003), para diferentes doses de nitrogênio e lâminas de irrigação no minimilho, cuja somatória do período foi de 265,21 mm.

Observou-se uma pequena diferenciação entre as lâminas de irrigação no início da aplicação dos tratamentos e na metade do ciclo. Esta diferença se acentuou com o decorrer do experimento, em função do desenvolvimento da cultura e atingiu valores na época da colheita (59 dias após a semeadura) de aproximadamente 233,52 mm, 219,12 mm, 207,04 mm e 202,41 mm nos tratamentos T1 – 15 mm; T2 – 30 mm; T3 – 45 mm e T4 – 60 mm, respectivamente. A lâmina aplicada no T1 – 15 mm foi 1,15 vezes superior à lâmina aplicada no T4 – 60 mm, há, portanto, a evidência de ter ocorrido

variação no teor de água no solo para o desenvolvimento da cultura do minimilho.

As lâminas totais de irrigações apresentaram valores pouco abaixo dos encontrados por SILVEIRA (2003), que foram de 234,25 mm, 242,82 mm, 248,85 mm e 257,94 mm para diferentes doses de nitrogênio e lâminas de irrigação no minimilho, porém, mantiveram-se adequadas às recomendações técnicas para a cultura, segundo RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003), as quais durante o ciclo completo, a cultura do milho pode consumir até 600 mm.

CARLESSO *et al.* (2000) conduziram um experimento em irrigação com a cultura do milho, a partir da evapotranspiração e alertaram para o fato de que pode ocorrer redução na capacidade produtiva da cultura sem ocorrência de sintomas externos de deficiência de água nas plantas, ou redução quantitativa no crescimento das mesmas. Pôde-se constatar então, que redução no número de irrigações durante o ciclo de desenvolvimento da cultura ou aumento do turno de irrigações (intervalo entre duas irrigações consecutivas) e incremento na lâmina de irrigação, resulta em redução no rendimento de grãos da cultura do milho.

Na fase I, período que vai da emergência até 10 % do desenvolvimento vegetativo, o Kc encontrado foi de 0,3. Na fase II, que vai do período anteriormente citado até o início do pendramento, 80 % da fase vegetativa, o Kc ficou em 0,9. O início da fase III, que vai do florescimento da cultura, e no experimento esteve próximo ao período de colheita das espiguetas, ao início da maturação, o valor do Kc foi de 1,12. Tais valores mantiveram-se dentro das faixas recomendadas por DOORENBOS & PRUIT (1994). Para a produção de milho, podem-se utilizar as recomendações da FAO (Boletim 24) como subsídio ao manejo de irrigação via tanque classe A.

4.2 Análise de crescimento

A análise de crescimento permite avaliar o crescimento final das plantas como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. A partir dos dados de crescimento, pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar, de forma precisa, as causas das variações de crescimento entre

as populações de plantas geneticamente diferentes ou entre plantas crescendo em diferentes ambientes (BENINCASA, 2003).

Ainda segundo BENINCASA (2003), o crescimento de uma planta pode ser estudado por medidas de diferentes tipos: lineares (estatura, comprimento), superfície (área foliar), peso e unidades estruturais.

Em todos os gráficos apresentados, os valores referentes à primeira coleta, qualquer que seja o item avaliado, iniciaram com valores semelhantes. Tal fato decorre de ainda não haver diferenciação entre os tratamentos de manejo de irrigação.

A utilização de equações de regressão para representar a progressão do crescimento ao longo do ciclo permite avaliar, de forma precisa, variações no padrão de crescimento de plantas em relação a um atributo em função dos tratamentos utilizados (BENINCASA, 2003).

4.2.1 Estatura das plantas

A fim de se determinar os efeitos de lâminas de irrigação, aplicadas via gotejamento na variável estatura da planta, procedeu-se a avaliação das análises das regressões de modelo polinomial quadrático. Foi possível inferir, mediante estas análises, que as lâminas de irrigação não influenciaram significativamente nos resultados finais para a variável estatura da planta, assim como encontrou SILVEIRA (2003), em estudo com plantas de minimilho submetidas a diferentes doses de nitrogênio e lâminas de irrigação.

Na Tabela 03, estão apresentados os resultados das médias da estatura da plantas por parcela, em relação aos períodos coletados.

Tabela 03 Estatura das plantas (EP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Dias Após Emergência (DAE)</i>										
	23	27	31	35	38	42	45	49	53	57	60
T1-15mm	0,27	0,36	0,44	0,74	0,89	1,19	1,40	1,70	2,05	2,13	2,45
T2-30mm	0,27	0,36	0,44	0,75	0,94	1,26	1,46	1,71	2,12	2,27	2,47
T3-45mm	0,25	0,39	0,55	0,86	1,07	1,41	1,58	1,84	2,19	2,47	2,68
T4-60mm	0,24	0,37	0,53	0,83	1,03	1,25	1,51	1,80	2,16	2,43	2,43

As maiores estaturas das plantas foram observadas nos tratamentos com aplicação de T1 – 15 mm, T2 – 30 mm e T3 – 45 mm, respectivamente 2,45 m, 2,47 m e 2,68 m, seguidas pelo tratamento T4 – 60 mm, 2,43 m.

Segundo BENINCASA (2003), a estatura das plantas apresenta um comportamento sigmoidal até atingir um valor máximo e permanecer constante, característica semelhante pode ser verificada na Figura 06, na qual se observa o desenvolvimento da cultura para cada tratamento, mas somente a partir dos 59 DAE pode-se observar este comportamento no experimento, já que o minimilho é colhido no início da fase reprodutiva (SILVEIRA 2003).

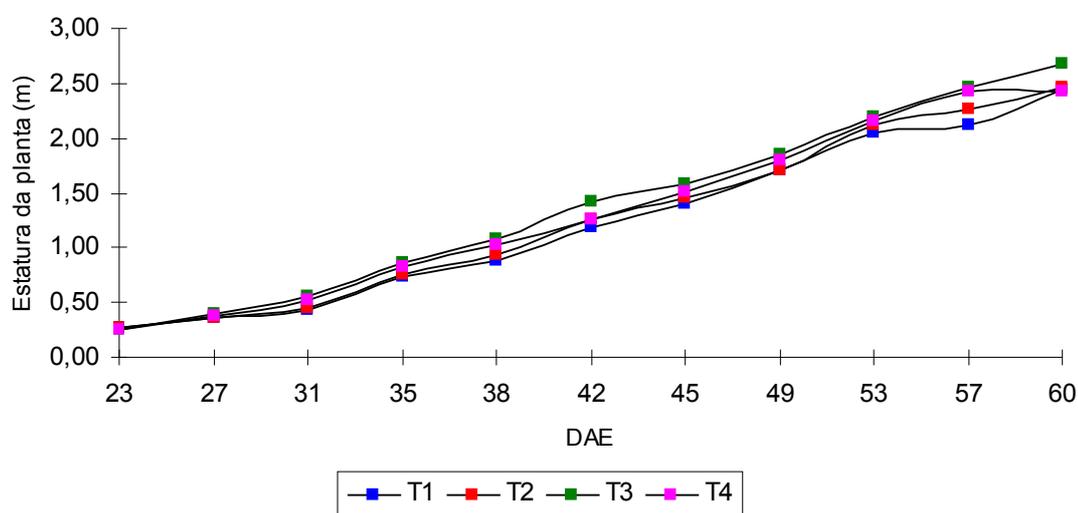


Figura 06 Estatura das plantas (EP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

Os dados originais da estatura da planta (EP) foram ajustados segundo o modelo citado e as equações de regressão, para cada tratamento durante o ciclo da cultura, são apresentadas na Tabela 04.

Os resultados da estatura da planta (EP) mostraram uma resposta quadrática, os quais indicam a diminuição na estatura da planta à medida que aumentaram as lâminas de irrigação aplicadas até o nível de 60 mm de água evapotranspirada do tanque classe A.

O comportamento de crescimento da planta, conforme a Figura 06,

apresentou no início do desenvolvimento, até os 30 DAE crescimento lento e uniforme.

Tabela 04 Equações e análise de regressão (R^2) para a variável estatura das plantas do minimilho (EP) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Equação</i>	R^2
T1 – 15 mm	$y = 0,0071x^2 + 0,1442x + 0,1455$	0,9924
T2 – 30 mm	$y = 0,0062x^2 + 0,1623x + 0,1590$	0,9917
T3 – 45 mm	$y = 0,0050x^2 + 0,1937x + 0,0016$	0,9970
T4 – 60 mm	$y = 0,0036x^2 + 0,1974x - 0,0221$	0,9901

No intervalo compreendido entre 30 DAE até 49 DAE, a planta inicia um crescimento contínuo, com acumulação de nutrientes, porém o desenvolvimento foi maior e mais tolerante ao déficit hídrico nos primeiros dias da fase vegetativa, segundo CARLESSO & SANTOS (1998). Estes pesquisadores observaram os processos morfológicos e fisiológicos das plantas submetidas a déficit hídrico. A partir dos 50 DAE, quando as plantas já haviam atingido de 85 a 90 % da estatura, ocorreu diminuição no ritmo de crescimento, pois a partir dessa fase, quando a planta atinge o potencial máximo de desenvolvimento e de crescimento, inicia-se o período reprodutivo de florescimento e enchimento dos grãos. O período de enchimento dos grãos é considerado o mais delicado, haja vista não poder passar por qualquer deficiência hídrica, o mesmo é válido para outros tipos de estresse, como deficiência de nutrientes, alta temperatura, granizo ou encharcamento, conforme RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003).

As maiores médias de estatura da planta foram observadas nos tratamentos T3 – 45 mm e T4 – 60 mm, as mesmas ficaram em torno de 1,39 m e 1,32 m, respectivamente, e as menores médias de estatura de planta foram observadas nos tratamentos T1 – 15 mm e T2 – 30 mm. Os valores obtidos destas foram em torno de 1,23 m e 1,27 m, respectivamente.

Estes resultados apresentaram média geral de 1,30 m e proximidade com os obtidos por SILVEIRA (2003) que foram em média de 1,36 m, em

estudo com doses de nitrogênio e lâminas de irrigação no minimilho.

A estatura final das plantas, em todos os tratamentos, foi semelhante à estatura indicada pelo produtor da semente (EMBRAPA), que informou estatura média de 2,10 m a 2,50 m quando semeada em condições adequadas. As condições ambientais na época de semeadura de verão, utilizadas neste experimento, podem ter proporcionado estaturas maiores.

A estatura da planta considerada ótima para facilitar a colheita do minimilho, segundo RODRIGUES, SILVA & MORI (2004), varia de 2,00 a 2,50m. As maiores estaturas encontradas no experimento variaram de 2,43 m a 2,68 m, com média de 2,50 m, semelhantes aos valores obtidos por FURTADO (2004), que foram de 2,58 m, ao estudar a deficiência hídrica no desenvolvimento da cultura do milho e com os valores obtidos por EMYGDIO (2003). Este último avaliou o desempenho agrônômico do híbrido de milho BRS 1001 no RS, e encontrou valores entre 2,35 m a 2,43 m. SÁ, RAMALHO & SOUZA SOBRINHO (2003), ao estudarem aspectos morfológicos e fisiológicos das variedades antigas e modernas de milho, também encontraram valores, em média, de 2,15 m a 2,83 m.

RUVIARO (2003), em pesquisa com manejo da irrigação e a viabilidade econômica para produção de silagem do milho e sorgo, também observou redução linear na estatura das plantas com a ampliação das lâminas de água de irrigação.

4.2.2 Número de folhas por planta

Com o propósito de se determinar o efeito de lâminas de irrigação na cultura do minimilho na variável número de folhas, procedeu-se a regressão polinomial quadrática, nos períodos durante o ciclo da cultura.

Observou-se, nestas avaliações, que as variações não foram significativas, e segundo RESENDE, ALBUQUERQUE & COUTO (2003), o número de folhas que a planta eventualmente irá produzir, definirá o seu potencial de produção.

As maiores médias de números de folhas por planta foram observadas nos tratamentos T2 – 30 mm e T3 – 45 mm, as quais ficaram em torno de 12,83 unidades e 12,65 unidades, respectivamente. As menores médias de

número de folhas por planta foram observadas nos tratamentos T1 – 15 mm e T4 – 60 mm, cujos valores ficaram em torno de 12,32 unidades e 12,34 unidades, respectivamente.

O maior número de folhas por parcela foi observado nos tratamentos T2 – 30 mm e T3 – 45 mm, seguidos pelo tratamento T1 – 15 mm e T4 – 60 mm. Na Tabela 05, são apresentados os resultados das médias do número de folhas por planta em cada parcela, em relação aos períodos avaliados.

Tabela 05 Número de folhas (NF) por planta do minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

Tratamento	Dias após emergência (DAE)										
	23	27	31	35	38	42	45	49	53	57	60
T1– 15 mm	7,00	8,60	9,00	9,60	10,20	11,40	12,80	14,00	15,80	17,60	19,60
T2– 30 mm	7,60	9,20	9,30	10,20	10,40	11,80	12,80	14,20	16,30	19,80	19,80
T3– 45 mm	7,40	9,20	9,20	10,00	10,20	11,40	12,40	14,00	16,20	19,60	19,60
T4– 60 mm	7,00	8,60	8,80	9,40	10,00	11,40	12,40	13,80	16,20	19,00	19,00

As equações de regressão para cada tratamento são apresentadas na Tabela 06. Os dados originais do número de folhas foram ajustados segundo o modelo citado acima. O número de folhas por planta do minimilho, durante o ciclo da cultura, pode ser observado na Figura 07.

Tabela 06 Equações e análise de regressão (R^2) para a variável número de folhas (NF) por planta do minimilho, submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

Tratamento	Equação	R^2
T1 – 15 mm	$y = 0,0802x^2 + 0,2269x + 7,2776$	0,9946
T2 – 30 mm	$y = 0,1019x^2 + 0,0067x + 8,1103$	0,9778
T3 – 45 mm	$y = 0,1061x^2 - 0,5640x + 8,1139$	0,9738
T4 – 60 mm	$y = 0,0883x^2 + 0,1671x + 7,2606$	0,9806

DOURADO NETO *et al.* (2004), em pesquisas a fim de avaliarem o aspecto da morfologia e rendimento do milho em duas épocas de aplicação de

herbicidas, apresentaram valores médios de número de folhas entre 12,25 a 12,75 unidades. Estas observações reforçam os resultados encontrados nesta pesquisa em que a média geral ficou em 12,54 unidades, para a variável analisada e também com os valores encontrados por SÁ, RAMALHO & SOUZA SOBRINHO (2003), cujas médias variaram entre 12,50 unidades a 14,00 unidades em estudo dos aspectos morfológicos e fisiológicos de cultivares modernas e antigas de milho.

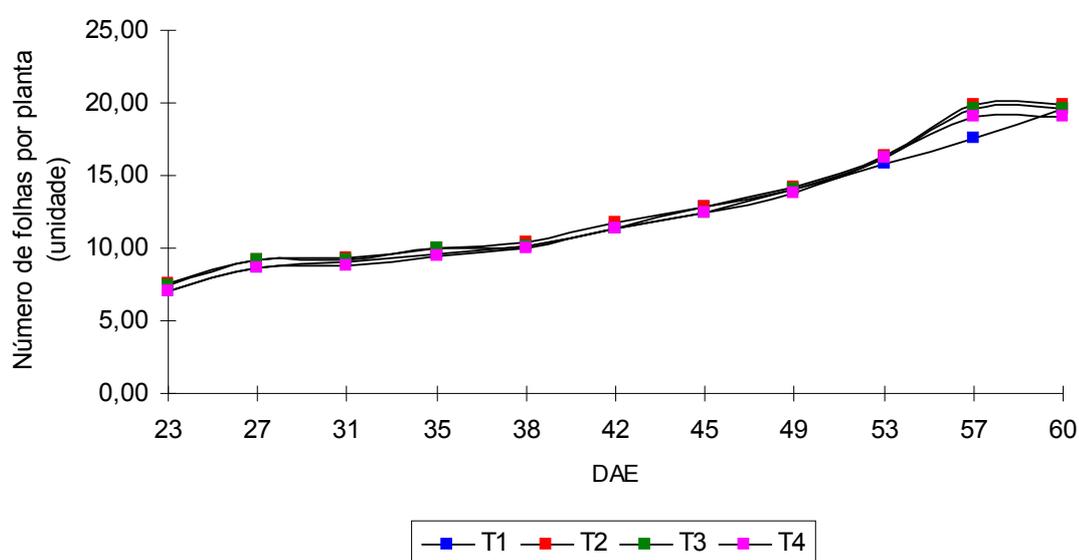


Figura 07 Número de folhas (NF) por planta do minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

Observou-se inclusive o aumento no número de folhas em função da diminuição das lâminas de irrigação, e dos 23 DAE até os 30 DAE, houve um pequeno aumento no número de folhas, pois nesta fase de desenvolvimento vegetativo ocorreu a senescência de algumas folhas e também, segundo RITCHIE & HANWAY & BENSON (2003), isto ocorre porque, no início do ciclo do milho, a planta investe seus fotoassimilados prioritariamente na diferenciação de folhas. No entanto, alguns estudos demonstram que as plantas de milho apresentam capacidade de recuperação após determinados

níveis de desfolha nas fases iniciais de desenvolvimento, segundo SKÓRA NETO (2003).

A partir dos 30 DAE até 60 DAE, ocorreu diminuição no ritmo de crescimento e o desenvolvimento aconteceu de maneira uniforme. Pode-se perceber, ainda, a ocorrência de pequeno aumento no número de folhas nos T2 – 30 mm e T3 – 45 mm em relação ao T1 – 15 mm. A partir daí, houve uma diminuição no número de folhas para T4 – 60 mm.

4.2.3 Área foliar

A expansão da área foliar é de grande importância para a interceptação da luz e fotossíntese, uma característica morfológica da planta e que, para cada espécie apresenta modificações em função das condições ambientais.

Os resultados obtidos para área foliar (AF), ao longo do ciclo do minimilho para cada tratamento, são apresentados na Tabela 07 e na Figura 08.

Tabela 07 Área foliar (AF) em minimilho (m²) submetida a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

Tratamento	Dias após emergência (DAE)										
	23	27	31	35	38	42	45	49	53	57	60
T1 – 15mm	0,112	0,160	0,180	0,242	0,252	0,324	0,290	0,275	0,196	0,076	0,072
T2 – 30mm	0,112	0,138	0,179	0,240	0,246	0,292	0,275	0,256	0,198	0,084	0,080
T3 – 45mm	0,103	0,133	0,180	0,216	0,218	0,260	0,220	0,208	0,198	0,140	0,140
T4 – 60mm	0,095	0,109	0,170	0,210	0,220	0,232	0,203	0,190	0,172	0,088	0,088

Observou-se em todos os manejos, um aumento de área foliar com conseqüente diminuição nos valores dos mesmos, pois a partir dos 42 DAE, algumas folhas já estavam senescidas, ocasionando a redução da área foliar (AF) total por planta.

Os valores médios obtidos ficaram em torno de 0,199 m², 0,191 m², 0,18 m², 0,16 m², respectivamente, para os tratamentos. Há, então, uma diferença dos valores encontrados por ALMEIDA *et al.* (2003), que variaram entre 0,073 m² e 0,081 m², ao analisarem o crescimento inicial do milho e sua

relação com o rendimento de grãos, porém, muito semelhantes aos valores encontrados por BALBINOT JUNIOR & BACKES (2004), que encontraram valores entre 0,12 m², 0,17 m² e 0,19 m², para períodos de avaliação de 45 a 50 dias, quando estudaram o crescimento inicial e competitividade de milho com planta concorrente. O mesmo ocorreu com os valores de SÁ, RAMALHO & SOUZA SOBRINHO (2002) cujas médias variaram entre 0,18 m² a 0,217 m² para a variável analisada, porém para um período de avaliação de 99 dias, ao analisarem os aspectos morfológicos e fisiológicos de cultivares modernas e antigas de milho.

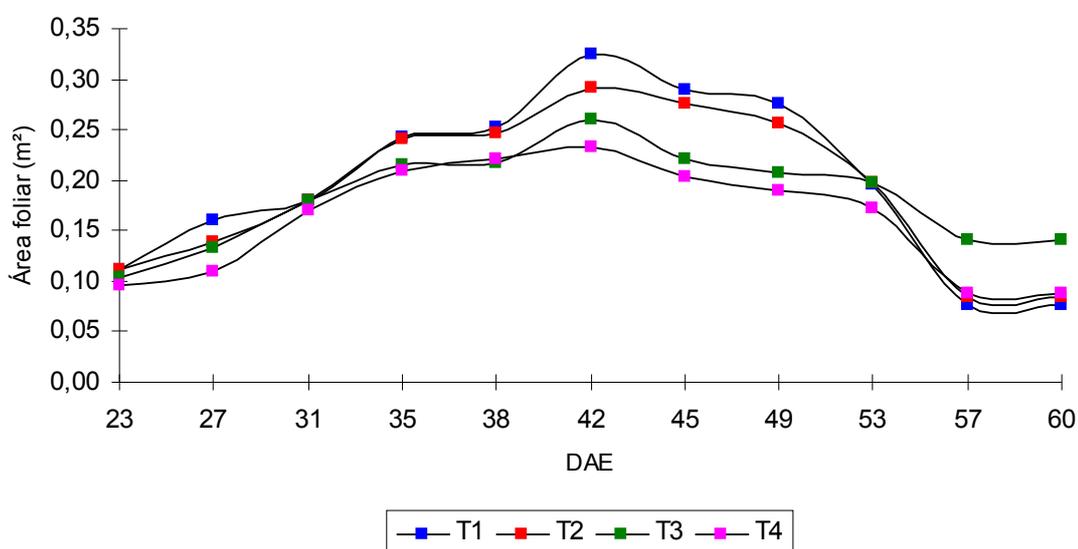


Figura 08 Área foliar (AF) em minimilho (m²) submetido a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

Embora existam resultados significativos para as lâminas de irrigação, não foram observadas diferenças morfológicas na planta entre os manejos de irrigação. Verificou-se também um aumento significativo na área foliar da cultura do minimilho devido ao aumento da lâmina de irrigação

Os dados originais da área foliar (AF) foram ajustados segundo o modelo polinomial quadrático. As equações e os valores de R² estão apresentados na Tabela 08.

Tabela 08 Equações e análise de regressão (R^2) para a variável área foliar (AF) das plantas do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Equação</i>	R^2
T1 – 15 mm	$y = -0,0086x^2 + 0,0996x - 0,0047$	0,8688
T2 – 30 mm	$y = -0,0078x^2 + 0,0914x + 0,0015$	0,8921
T3 – 45 mm	$y = -0,0049x^2 - 0,0608x + 0,0428$	0,9084
T4 – 60 mm	$y = -0,0058x^2 + 0,0676x + 0,2110$	0,9136

As plantas submetidas à irrigação com maior frequência foram as que apresentaram maior área foliar. Esta diferença de área foliar em função da lâmina de irrigação pode ser explicada pela diminuição da alongação foliar, em que a menor área foliar proporciona menor distribuição de fotossintetizados para os tecidos vegetativos e, por conseguinte, menor taxa de fotossíntese líquida (EMBRAPA, 1993).

As plantas em T3 – 45 mm e T4 – 60 mm foram as que receberam menor lâmina líquida, bem como as que apresentaram menor área foliar, estes dados estão de acordo com os encontrados por YANG *et al.* (1993) e EMBRAPA (1993), os quais relataram que a deficiência hídrica no período vegetativo diminui o crescimento das plantas pela menor disponibilidade de CO_2 , além de limitar os processos de alongação celular. Neste experimento, as plantas que apresentaram menor média em estatura foram também as plantas de T1 – 15 mm e T4 – 60 mm, ou seja, tanto o excesso quanto o déficit hídrico podem provocar alterações no desenvolvimento da cultura.

Também segundo GALBIATTI *et al.* (2004), a diminuição da área foliar em T3 – 45 mm e T4 – 60 mm pode ter sido provocada pela antecipação da senescência da folhas no ciclo da cultura, pois o desenvolvimento fenológico pode ser utilizado como mecanismo de defesa pela planta.

4.2.4 Índice de área foliar

A fim de se determinar os efeitos das lâminas de irrigação, ministradas via gotejamento na variável índice de área foliar de minimilho, procedeu-se a análise das regressões de modelo polinomial quadrático.

O comportamento do índice de área foliar (IAF) em relação ao tempo apresentou-se semelhante em todos os tratamentos, com aumento à medida que a cultura se desenvolveu, para alcançar o máximo de espaço disponível.

O índice de área foliar mostrado na Figura 09 variou entre si para as lâminas de irrigação. Estes resultados evidenciam que o manejo de água de irrigação, com a aplicação de lâminas de irrigação de 15 mm a 60 mm, a partir da evapotranspiração máxima da cultura baseada na evaporação do tanque classe A provocaram diferenças significativas no índice de área foliar (IAF).

A evolução do IAF seguiu o padrão característico de plantas anuais com uma fase inicial lenta que foi da emergência até o estágio de quatro folhas (20 DAE), seguida de uma fase de rápido crescimento até doze folhas (35) DAE. A terceira fase foi caracterizada pela estabilização do índice de área foliar (IAF) em torno do máximo (35 a 45 DAE), e última fase se iniciou dos 45 DAE até o final do ciclo da cultura.

O índice de área foliar apresentou comportamento quadrático em relação ao tempo, devido às fases de crescimento. Após ter atingido um ponto máximo, há um decréscimo devido à senescência e queda das folhas.

É possível inferir, mediante estas análises, que as lâminas de irrigação influenciaram nos resultados finais para a variável índice de área foliar, como mostrado na Tabela 09; e as variações do IAF durante o ciclo da cultura mostrado pelas equações de regressão na Tabela 10.

Tabela 09 Índice de área foliar (IAF) em minimilho ($m^2 m^{-2}$) submetido a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Dias após emergência (DAE)</i>										
	23	27	31	35	38	42	45	49	53	57	60
T1 – 15mm	2,05	2,18	3,49	4,31	5,04	5,44	5,51	4,89	3,93	2,52	1,43
T2 – 30mm	2,05	2,66	3,57	4,77	4,85	5,86	5,44	4,96	3,94	2,60	2,60
T3 – 45mm	2,03	2,76	3,60	4,77	4,88	5,18	3,98	3,96	3,92	2,77	2,77
T4 – 60mm	1,90	2,51	3,40	4,13	4,47	4,65	3,78	3,78	3,43	1,80	1,80

Tabela 10 Equações e análise de regressão (R^2) para índice de área foliar (IAF) das plantas do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
T1 – 15 mm	$y = -0,1533x^2 + 1,8511x - 0,3448$	0,9363
T2 – 30 mm	$y = -0,1350x^2 + 1,6612x + 0,1772$	0,9074
T3 – 45 mm	$y = -0,1005x^2 + 1,2263x + 0,9599$	0,8424
T4 – 60 mm	$y = -0,1092x^2 + 1,2672x + 0,6575$	0,9134

CARLESSO *et al.* (2000) estudaram o manejo da irrigação no milho a partir da evapotranspiração máxima da cultura e concluíram que as lâminas diferenciadas não ocasionam diferenças no índice de área foliar (IAF) e área foliar (AF).

Segundo RUVIARO (2003), ocorrem diferenças significativas para o IAF quando as determinações são realizadas no final do ciclo da cultura.

Os valores médios encontrados no experimento para IAF foram 3,70 m² m⁻², 3,94 m² m⁻², 3,69 m² m⁻² e 3,24 m² m⁻², respectivamente, para T1 – 15 mm, T2 – 30 mm, T3 – 45 mm e T4 – 60 mm; semelhantes aos valores de RUVIARO (2003), os quais variaram entre 4,01 m² m⁻² a 4,37 m² m⁻². Este autor estudou o manejo da irrigação e a viabilidade econômica para a produção de silagem de milho e sorgo, semelhantes aos valores de DOURADO NETO *et al.* (2004), em que as médias ficaram em torno de 3,34 m² m⁻², em aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. Enquanto SÁ, RAMALHO & SOUZA SOBRINHO (2002) obtiveram, para o IAF, valores médios entre 3,18 m² m⁻² a 3,63 m² m⁻² ao analisarem os aspectos morfológicos e fisiológicos de cultivares modernas e antigas de milho, cuja aproximação em relação à média geral dessa pesquisa foi de 3,62 m² m⁻².

Os valores do índice de área foliar, no início do estágio de desenvolvimento vegetativo variaram entre 1,90 m² m⁻² a 3,57 m² m⁻² (30 DAE) e após este período até os 42 DAE houve acréscimo nos valores, em torno de 3,40 m² m⁻² a 5,86 m² m⁻². Ocorreu redução no índice de área foliar após esta fase, pois o minimilho é colhido durante a fase de pendoamento, porém não atingiu valores significativos, o que ocorre quando se acompanha a cultura do milho até a colheita de grãos secos, segundo SILVEIRA (2003).

A redução do índice de área foliar está associada ao desenvolvimento das folhas das plantas, que em situações de déficit hídrico, pode estar

relacionada com uma pequena redução no tamanho das folhas individuais ou com a menor produção de folhas e há a possibilidade até de alterar a interceptação da radiação solar, segundo CARLESSO & SANTOS (1998).

Segundo SÁ, RAMALHO & SOUZA SOBRINHO (2002), em experimento para avaliação de cultivares de milho, tem-se conseguido aumentar a produtividade ao reduzir acentuadamente a estatura das plantas, área foliar e o ciclo da cultura.

Na Figura 09, são apresentados os resultados de IAF durante o ciclo da cultura.

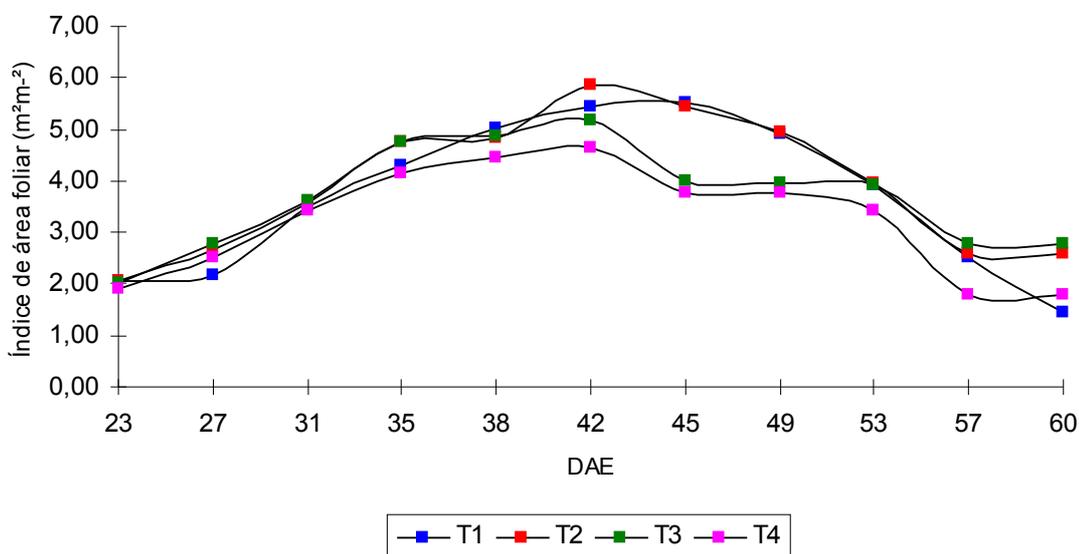


Figura 09 Índice de área foliar (IAF) em plantas de minimilho ($m^2 m^{-2}$) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

CARLESSO *et al.* (2000) salientaram que, se o déficit hídrico ocorrer durante o crescimento vegetativo, o índice de área foliar responde mais prontamente à reposição de água no solo via irrigação ou precipitação que à estatura da planta.

RUVIARO (2003), ao estudar o manejo da irrigação e a viabilidade econômica para a produção de silagem do milho e sorgo, encontrou redução linear no IAF com o aumento nas lâminas de irrigação de 15 mm para 60 mm.

Mesmo com diferenças pouco significativas, os valores de índice de área foliar (IAF) permitiram analisar conjuntamente com outros parâmetros para explorar pequenas diferenças que podem se traduzir em efeitos significativos quando integrados.

Os resultados dos quadrados médios da análise de variância para análise de crescimento e os valores das médias para cada tratamento estão apresentados nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 Análise de variância para dados de crescimento estatura da planta (EP), número de folhas por planta (NF), área foliar (AF) e índice de área foliar do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Variáveis</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>CV (%)</i>	<i>MG</i>
EP	3	0,247 ^{ns}	59,60	1,30
NF	3	3,374 ^{ns}	32,99	12,54
AF	3	0,014*	40,49	0,183
IAF	3	4,071*	37,18	3,64

* = significativo em nível de probabilidade de 0,05; ^{ns}= não significativo em nível de probabilidade de 0,05; GL = grau de liberdade; QM= quadrado médio; CV= coeficiente de variação; MG= média geral.

Tabela 12 Valores médios da estatura da planta (EP), número de folhas (NF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura e analisadas pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância

<i>Tratamento</i>	<i>Variável analisada</i>			
	EP (m)	NF (unidade)	AF (m ²)	IAF (m ² m ⁻²)
T1 – 15 mm	1,23 a	12,32 a	0,199 a	3,70 a
T2 – 30 mm	1,27 a	12,83 a	0,190 ab	3,93 ab
T3 – 45 mm	1,39 a	12,65 a	0,183 ab	3,69 ab
T4 – 60 mm	1,32 a	12,34 a	0,161 b	3,24 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

4.3 Florescimento pleno da cultura

Foi observado o número de dias para florescimento pleno (ao menos 70 % das plantas pendoando) em cada tratamento, que evidenciou diferença de três dias de atraso para florescimento pleno em todas as parcelas de T3 –

45 mm e T4 – 60 mm, em relação a T1 – 15 mm e T2 – 30 mm.

SILVEIRA (2003), com pelo menos 50 % das plantas pendoando, evidenciou diferença de dois dias de atraso para florescimento pleno do minimilho, com aplicação de menor lâmina líquida.

O florescimento das plantas, em todos os tratamentos, foi semelhante ao indicado pelo produtor da semente (EMBRAPA), que informou o florescimento médio em torno dos 60 DAE. Entretanto, neste experimento, o florescimento ficou em torno de 56 DAE a 59 DAE. As condições ambientais na época de semeadura de verão, verificadas neste experimento, podem ter provocado florescimento precoce. O período crítico do milho está no florescimento. Nessa época, as condições abióticas (água, temperatura e radiação) são de suma importância para o potencial reprodutivo da cultura.

4.4 Dados biométricos da produção

Os dados resultantes das três colheitas realizadas foram somados, sendo obtidos deste total as médias de número de espigas (NE) planta⁻¹, estatura de inserção da primeira espiga (EI), comprimento da espiga com palha (CECP), comprimento de espiga sem palha (CESP), diâmetro de espiga com palha (DECP) e diâmetro de espigas sem palha (DESP), massa da espiga com palha (MESP), massa da espiga sem palha (MESP), número de fileiras de grãos por espiga (NFE⁻¹) e o número de espigas que perfazem 360 g.

4.4.1 Número de espigas por planta – Prolificidade

O propósito foi o de se determinar os efeitos de lâminas de irrigação ministradas via gotejamento para a variável número de espigas (NE) por planta de minimilho, assim, foram feitas regressões de modelo polinomial quadrático, e seu valor máximo foi atingido com o mesmo nível de irrigação que propiciou índice de área foliar máximo e maior número de folhas.

Com o tratamento T2 – 30 mm de irrigação, obteve-se um número expressivo de espigas com média de 1262,01 unidades por tratamento, seguido pelos tratamentos T1 – 15 mm e T3 – 45 mm, com média no número de espigas de 1209,6 unidades por tratamento. O tratamento que apresentou o

menor número foi o T1 – 60 mm com 1157,18 unidades.

Na Tabela 13, estão apresentados os valores médios relativos ao número de espigas por planta, por parcela, por tratamento e por hectare, os quais não diferiram entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Tabela 13 Número de espigas (NE) em plantas de minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>NE planta⁻¹</i>	<i>NE parcela⁻¹</i>	<i>NE tratamento⁻¹</i>	<i>NE hectare⁻¹</i>
T1-15mm	3,00 a	302,40	1209,60	540000
T2-30mm	3,13 a	315,50	1262,01	563400
T3-45mm	3,00 a	302,40	1209,60	540000
T4-60mm	2,87 a	289,29	1157,18	516600

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Resultados pouco semelhantes foram obtidos por RODRIGUES (2001), em que a média geral resultou em 43,76 espigas por parcela, em estudo da capacidade de combinação de linhagens de minimilho e também diferiram do resultado da pesquisa de SILVEIRA (2003), cuja média geral ficou em torno de 34,31 espigas por parcela (três linhas de 6 m de comprimento), em manejo da irrigação e da cobertura nitrogenada em minimilho.

Na Tabela 14, o modelo da análise de regressão indicou acréscimo no número de espigas por planta à medida que houve um aumento das lâminas de irrigação aplicadas até 45 mm, e esta tendência também pode ser observada na Figura 10.

Tabela 14 Equação e análise de regressão (R^2) para a variável número de espigas (NE) em plantas de minimilho submetidas a quatro tratamento de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Média Geral</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
3,00	$y = -0,0650x^2 + 0,3770x + 2,5450$	0,900

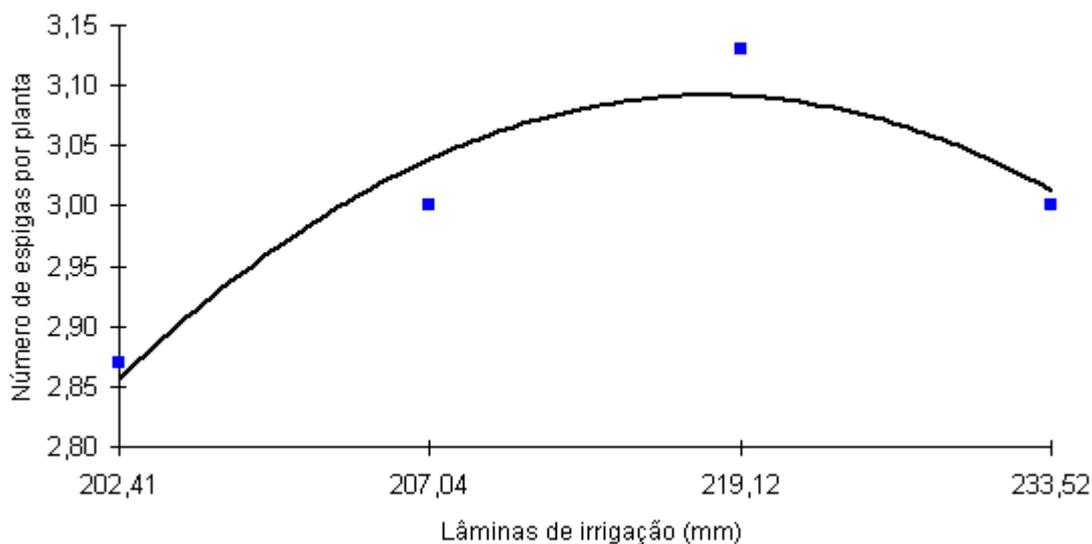


Figura 10 Número de espigas (NE) planta⁻¹ do minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

Os resultados de RODRIGUES, SILVA & MORI (2004), ao avaliarem sete famílias S₂ prolíficas de minimilho para a produção de híbridos apresentaram aproximação com os obtidos nesta pesquisa, sendo em média 3,00 espigas por planta, entretanto, registraram 2,15 espigas por planta.

Para o número de espigas por planta, pode-se observar que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si, uma vez que a alta prolificidade é característica comum em milho pipoca, segundo RODRIGUES, SILVA & MORI (2004). Porém, evidencia-se uma tendência no experimento que ao aumentarem as lâminas de irrigação houve aumento no número de espigas por planta.

4.4.2 Estatura de inserção da primeira espiga

A fim de se determinar os efeitos das lâminas de irrigação na variável estatura de inserção (EI) da primeira espiga de minimilho, procedeu-se a análise de regressões de modelo polinomial quadrático. Neste contexto, a regressão das lâminas de irrigação nas parcelas apresentou efeito significativo. É possível, portanto, inferir, mediante estas análises, que as lâminas

influenciaram nos resultados finais para a variável estatura de inserção da espiga.

Na Tabela 15, estão apresentados os valores médios relativos à inserção das espigas por tratamento, os quais diferiram entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância. Na Tabela 16, estão apresentados os modelos da análise de regressão, os quais indicaram acréscimo na estatura de inserção de espigas por planta à medida que aumentaram as lâminas de irrigação aplicadas até o nível de 60 mm.

Tabela 15 Estatura de inserção (EI) da primeira espiga do minimilho (m) submetida a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Estatura de inserção (m)</i>
T1 – 15 mm	1,81 a
T2 – 30 mm	1,70 a
T3 – 45 mm	1,60 a
T4 – 60 mm	1,37 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey com o nível de 5 % de significância.

Tabela 16 Equação e análise de regressão (R^2) para a variável estatura de inserção (EI) das espigas em plantas de minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Média Geral</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
1,62	$y = -0,0300x^2 + 0,2920x + 1,1150$	0,9908

Segundo Kumar & Sing (1999), citados por RODRIGUES, SILVA & MORI (2004), a estatura de inserção ideal da primeira espiga para o minimilho é de 0,50 m. E todas as alternativas de manejo apresentaram estatura de inserção superior.

As menores médias de estatura de inserção foram verificadas nos tratamentos T3 – 45 mm e T4 – 60 mm, entretanto, em T1 – 15 mm e T2 – 30 mm, os valores estiveram bem acima dos recomendados.

Na Figura 11, também pode ser evidenciada a mesma tendência, que em função do aumento da lâmina de irrigação, verificou-se aumento na estatura de inserção da espiga. Houve uma diferença da estatura recomendada pelo produtor da semente que variou em torno de 1,25 m.

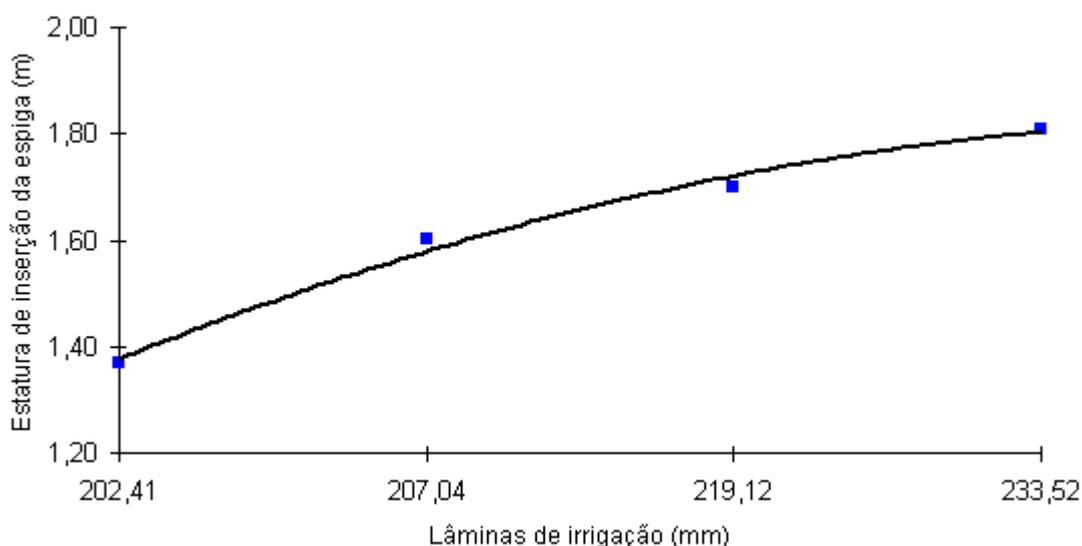


Figura 11 Estatura de inserção (EI) de espigas em plantas de minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

SILVA, ARGENTA & REZERA (1999) ao estudarem a resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas, em três épocas de semeadura, constataram que os melhores resultados obtidos em relação à estatura de inserção foram, em média, de 1,18 m a 1,20 m, estes diferiram dos resultados obtidos por SANGOI *et al.* (2002) que estudaram a sustentabilidade do colmo em épocas de cultivo em função da densidade, cuja variação foi de de 1,25 m a 1,57 m.

Ao avaliar o desempenho agrônômico do híbrido de milho BRS 1001 no RS, EMYGDIO (2003) apresentou resultados semelhantes aos observados neste estudo, com as estaturas de inserção, cuja variação foi de 1,15 m a 1,46 m. Esta resposta possibilitou identificar o comportamento que a cultura do minimilho apresentou, quando foi submetida a diferentes lâminas de irrigação.

4.4.3 Comprimento da espiga com palha (CECP) e sem palha (CESP)

O comprimento médio da espiga é uma das variáveis que pode interferir diretamente no número de grãos por fileira e, conseqüentemente, na produtividade. Segundo FANCELLI & DOURADO NETO (2000), este é definido principalmente, no momento em que as plantas apresentam doze folhas plenamente expandidas. Sendo assim, qualquer adversidade que aconteça nesta fase, como disponibilidade de nutrientes (falta ou excesso), pode resultar em redução no comprimento e como conseqüência provoca queda na produtividade.

Na Tabela 17, estão apresentados os valores médios relativos ao comprimento das espigas com palha (CECP) e sem palha (CESP) por tratamento e diferem entre si pelo teste de Tukey, com o nível de 5 % de significância.

Tabela 17 Comprimento das espigas com palha (CECP) e comprimento das espigas sem palha (CESP) em plantas do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>CECP</i>	<i>CESP</i>
T1 – 15 mm	0,186 a	0,107 a
T2 – 30 mm	0,189 a	0,112 ab
T3 – 45 mm	0,195 ab	0,119 ab
T4 – 60 mm	0,204 b	0,123 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5 % de significância.

Conforme o comportamento, as Figuras 12 e 13 apresentaram diferenças significativas em relação às lâminas de irrigação aplicadas.

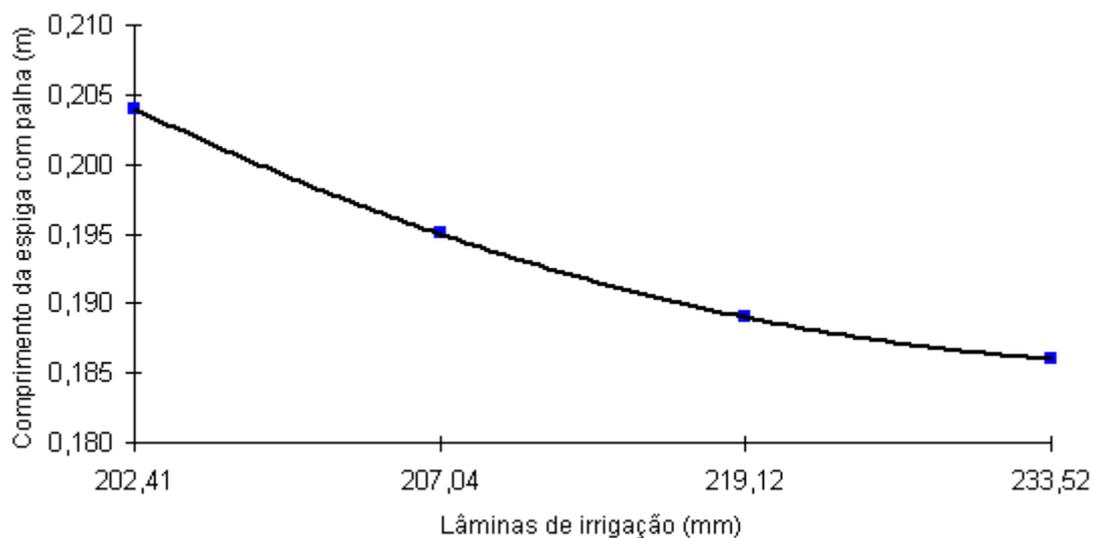


Figura 12 Comprimento das espigas com palha (CECP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

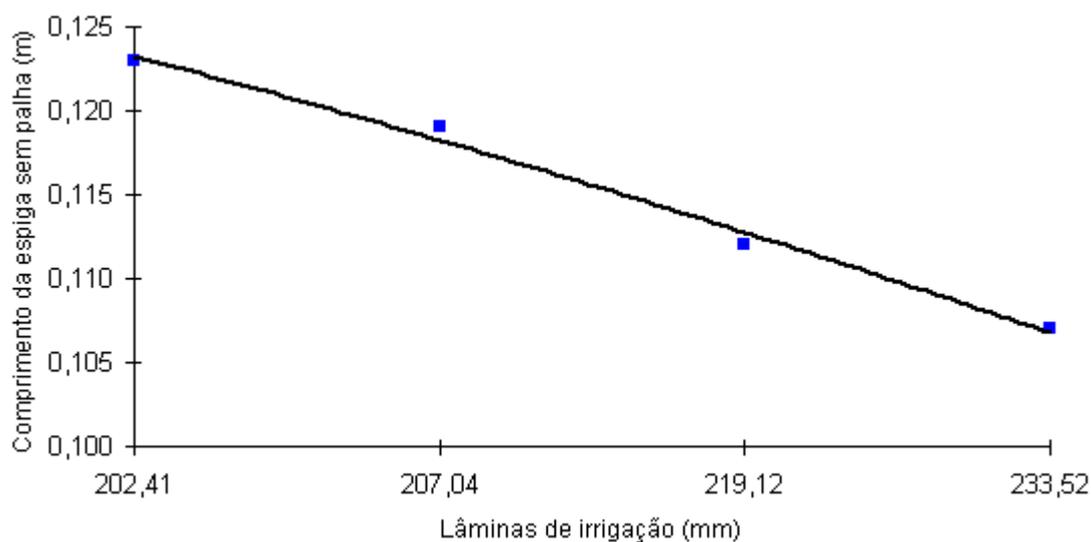


Figura 13 Comprimento das espigas sem palha (CESP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

O comprimento final médio das espigas de minimilho com palha, nas diferentes lâminas de irrigação foi: (T1 – 15 mm) 0,186 m, (T2 – 30 mm) 0,189 m, (T3 – 45 mm) 0,195 m e (T4 – 60 mm) 0,204 m e o comprimento final médio

das espigas sem palha nas diferentes lâminas de irrigação foi: (T1 – 15 mm) 0,107 m, (T2 – 30 mm) 0,112 m, (T3 – 45 mm) 0,119 m e (T4 – 60 mm) 0,123 m, respectivamente.

Para os padrões de comercialização da cultivar BRS Ângela, estes comprimentos são considerados fora dos usuais para o parâmetro analisado. O mercado de minimilho considera um comprimento compreendido entre 0,12 m a 0,16 m, como o ideal para a comercialização. Porém, deve-se ressaltar que o interesse comercial do minimilho não está na venda das espigas com palha, e sim sem palha, posto que estas apresentaram valor comercial, cujo percentual desejável variou entre 0,05 m a 0,11 m, segundo PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998).

Os resultados das aplicações das lâminas de irrigação para as variáveis comprimento da espiga com palha e comprimento da espiga sem palha foram significativos. Na Tabela 18, está apresentada a análise de regressão que indicou acréscimo nos comprimentos à medida que a lâmina de irrigação era diminuída.

Tabela 18 Equações e análise de regressão (R^2) para as variáveis comprimento das espigas com palha (CECP) e comprimento das espigas sem palha (CESP) em plantas de minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Média Geral</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
CECP - 0,194	$y = 0,0015x^2 - 0,0135x + 0,2160$	0,9999
CESP - 0,115	$y = -0,0002x^2 - 0,0042x + 0,1278$	0,9877

Com relação aos comprimentos das espigas com e sem palha, o aumento da frequência nas lâminas de irrigação provocou a diminuição no comprimento das mesmas. Isto pode ser explicado devido ao fato de as maiores lâminas terem resultado em um número maior de espigas por planta. Assim, obteve-se, para o experimento, um número expressivo de espigas, porém de menor comprimento, considerado um fator importante para o minimilho.

Segundo CARLESSO & SANTOS (1998), o milho é tolerante ao déficit hídrico durante a fase vegetativa, mas apresenta sensibilidade com decréscimo no rendimento se este ocorrer na fase de florescimento e enchimento de grãos, devido à expansão foliar, à redução do aproveitamento dos nutrientes do solo e à redução na área fotossintética das plantas. O reflexo foi um decréscimo de 25% de produção do milho, antes da emissão dos estigmas e de 50 % na fase de florescimento.

Para as condições deste experimento, o incremento nas lâminas de irrigação provocou maior comprimento quando comparado à frequência das mesmas, fato este que pode ser explicado em função das altas temperaturas, bem como por uma grande evaporação que provocou irrigações freqüentes, contudo as plantas em experimento, não chegaram a sofrer por déficit hídrico.

Estes dados podem ser comparados aos resultados obtidos por MENDONÇA *et al.* (1999), os quais trabalharam com sistema de irrigação por aspersão em linha e adubação nitrogenada e obtiveram comprimento de espigas com palha em torno de 0,106 a 0,156 m com média de 0,117 m. Já SILVEIRA (2003), na cultura do minimilho irrigado por aspersão, obteve comprimentos de espigas com palha (CECP) de 0,142 a 0,165 m com média de 0,158 m, e comprimento das espigas sem palha (CESP) em torno de 0,095 a 0,097 m com média 0,1005 m.

Porém RODRIGUES, SILVA & MORI (2004), ao avaliarem espécies prolíficas para obtenção de minimilho, registraram valores, respectivamente, para comprimento da espiga com palha e sem palha que variaram entre 0,179 m a 0,191 m com médias de 0,192 m e 0,068 m a 0,073 m, cuja média final foi de 0,0705 m, valor em relação à média bem próximo ao deste experimento.

4.4.4 Diâmetro da espiga com palha (DECP) e sem palha (DESP)

Os resultados obtidos para as médias do diâmetro da espiga com palha (DECP) e diâmetro da espiga sem palha (DESP), ao final do ciclo da cultura do minimilho, são apresentados na Tabela 19 e diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Tabela 19 Diâmetro das espigas com palha (DECP) e diâmetro das espigas sem palha (DESP) do minimilho (m) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>DECP</i>	<i>DESP</i>
T1 – 15 mm	0,024 a	0,017 a
T2 – 30 mm	0,026 ab	0,019 b
T3 – 45 mm	0,027 bc	0,020 b
T4 – 60 mm	0,029 c	0,021 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância.

Ao observar o comportamento dos diâmetros da espiga com palha e do diâmetro da espiga sem palha, verifica-se que os valores aumentaram com o incremento da lâmina de irrigação. As diferenças entre os tratamentos estão evidenciadas na Tabela 20, na qual são apresentadas as equações de regressão.

Tabela 20 Equações e análise de regressão (R^2) para a o diâmetro da espiga com palha (DECP) e diâmetro da espiga sem palha (DESP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Média Geral</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
--------------------	----------------	----------------------

DECP- 0,027

0,9846

DESP- 0,020

$$y = -0,0003x^2 + 0,0002x + 0,0216$$

0,9853

Na Figura 14, estão apresentados os valores dos diâmetros das espigas com palha e sem palha para os tratamentos (15, 30, 45 e 60 mm de lâmina de irrigação), nas diferentes épocas de aplicação.

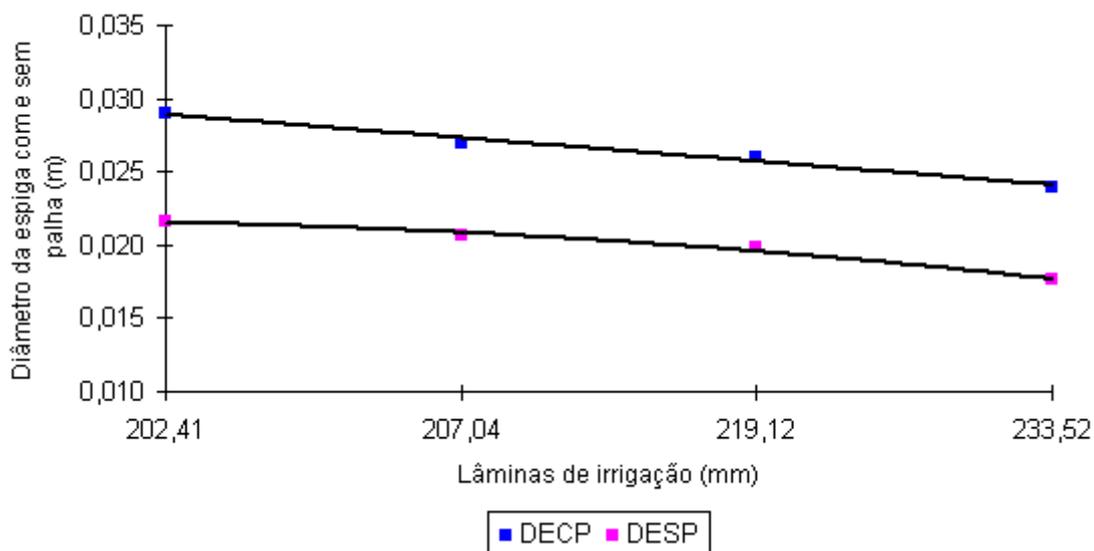


Figura 14 Diâmetro das espigas com palha (DECP) e os diâmetros das espigas sem palha (DESP) do minimilho (m) submetidos a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

SILVEIRA (2003), em estudo com minimilho, ao avaliar os diâmetros das espigas com e sem palha, verificou que não houve diferenças significativas entre os tratamentos de lâmina de irrigação e doses de nitrogênio, encontrou valores para DECP entre 0,012 m a 0,015 m e para DESP entre 0,0109 m a 0,011 m.

RODRIGUES, SILVA & MORI (2004) encontraram valores significativos para o DECP e não significativos para DESP ao avaliarem famílias prolíficas de milho para obtenção do minimilho, nas quais os resultados variaram para DECP entre 0,0202 m e 0,022 m e para DESP entre 0,011 m e 0,013 m.

Como pode ser observado na Tabela 19, o comportamento para o diâmetro da espiga com palha e diâmetro da espiga sem palha para a cultura do minimilho no experimento apresentou diferenças significativas e todos os resultados mostraram que o tratamento de T1 – 15 mm foi o que atingiu menor média para as variáveis analisadas, seguidos pelos tratamentos T2 – 30 mm, T3 – 45 mm e T4 – 60 mm.

A avaliação do diâmetro das espigas sem palha é importante para a indústria de conservas. Para RODRIGUES, SILVA & MORI (2004), as medidas padronizadas a serem utilizadas para conserva devem variar de 0,007 m a

0,017 m e não podem ultrapassar muito estes valores.

É importante salientar que as medidas comercialmente aceitáveis apresentam diâmetro entre 0,010 m e 0,015 m, segundo PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998), portanto em todos os tratamentos, os valores ficaram além dos comerciais.

4.4.5 Massa da espiga com palha (MECP) e massa da espiga sem palha (MESP)

A análise destas variáveis permite a compreensão do comportamento da cultivar em relação à produtividade já que este varia entre 15 a 20 % referente à quantidade de minimilho aproveitável para industrialização. Em 100 kg de espiguetas, são obtidos de 15 a 20 kg de minimilho aproveitável para os padrões da indústria de conservas alimentícias, segundo PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998).

Os valores médios das variáveis analisadas estão apresentados nas Tabelas 21 e 22 e diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Tabela 21 Massa das espigas com palha (MECP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>MECP</i> <i>(g unidade⁻¹)</i>	<i>MECP</i> <i>(g parcela⁻¹)</i>	<i>MECP</i> <i>(g tratamento⁻¹)</i>	<i>MECP</i> <i>(kg hectare⁻¹)</i>
T1-15mm	35,55 a	10285,63	41137,74 a	18365,06
T2-30mm	49,57 b	14991,98	59959,80 b	26767,76
T3-45mm	61,49 c	19401,98	77600,99 c	34643,29
T4-60mm	72,45 d	21909,88	87635,52 d	39123,00

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Tabela 22 Massa das espigas sem palha (MESP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da

cultura

<i>Tratamento</i>	<i>MESP</i> (g unidade ⁻¹)	<i>MESP</i> (g parcela ⁻¹)	<i>MESP</i> (g tratamento ⁻¹)	<i>MESP</i> (kg hectare ⁻¹)
T1-15mm	19,51 a	5645,80	22576,58 a	10081,80
T2-30mm	30,24 b	9144,57	36578,30 b	16329,60
T3-45mm	30,51 b	9626,40	38503,92 b	17190,00
T4-60mm	42,12 c	12815,71	50972,54 c	22885,20

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Estas observações para a massa das espigas com palha (MECP) não estão de acordo com os resultados obtidos por SILVEIRA (2003) que encontrou rendimento de 1961,70 kg ha⁻¹ ao estudar o manejo da irrigação e da cobertura nitrogenada em minimilho, mas que se assemelham aos valores encontrados por RODRIGUES, SILVA & MORI (2004), os quais, ao avaliarem sete famílias prolíficas de minimilho encontraram um valor médio de 8270 kg ha⁻¹.

A produção média de massa de espigas com palha (MECP), por tratamento de 16559,42 g parcela⁻¹ (8 m de linha e 0,70 de distância entre linhas), proporcionaria um rendimento de 29570,40 kg ha⁻¹. Este dado está acima do obtido por RODRIGUES (2001), em estudo da capacidade de combinação de linhagens de minimilho e também se encontra fora da faixa citada por PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998), os quais informaram que a variabilidade nos rendimentos pode atingir até 2500 kg ha⁻¹, em estudo para produção de minimilho.

Da mesma maneira, a extrapolação do maior rendimento por parcela em relação à, encontrada no T4 – 60 mm, foi de 21909,88 g parcela⁻¹, pois proporcionaria um rendimento de 39124,80 kg ha⁻¹, acima dos valores citados por PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998). Já o tratamento de menor produção, o T1 – 15 mm, com 10284,43 g parcela⁻¹, proporcionaria rendimento de 18365,05 kg ha⁻¹.

A produção média de massa de espigas sem palha (MESP), por tratamento de 9253,44 g parcela⁻¹, proporcionaria rendimento de 16524 kg ha⁻¹.

Da mesma maneira, a extrapolação da maior produtividade por parcela, em relação à encontrada em, T4 – 60 mm, foi de 12815,71 g parcela⁻¹, e proporcionaria produtividade de 22885,2 kg ha⁻¹, próxima dos valores citados

por RODRIGUES, SILVA & MORI (2004) que encontraram 1460 kg ha⁻¹. Já o tratamento de menor produção, o T1, com 5645,80 g parcela⁻¹, proporcionaria produtividade de 10081,80 kg ha⁻¹ para mesma população de plantas e atingiria produtividade semelhante ao avaliar, sete famílias prolíficas de minimilho.

As equações para a massa da espiga com palha (MECP) e massa da espiga sem palha (MESP) são apresentadas na Tabela 23 e as curvas para os tratamentos encontram-se na Figura 15.

Tabela 23 Equações e análise de regressão (R²) para massa das espigas com palha (MECP) e sem palha (MESP) do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Média Geral</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
MECP-55,42	$y = -1,4325x^2 - 5,3665x + 79,5930$	0,9970
MESP-30,60	$y = 0,2275x^2 - 7,9505x + 48,7730$	0,9071

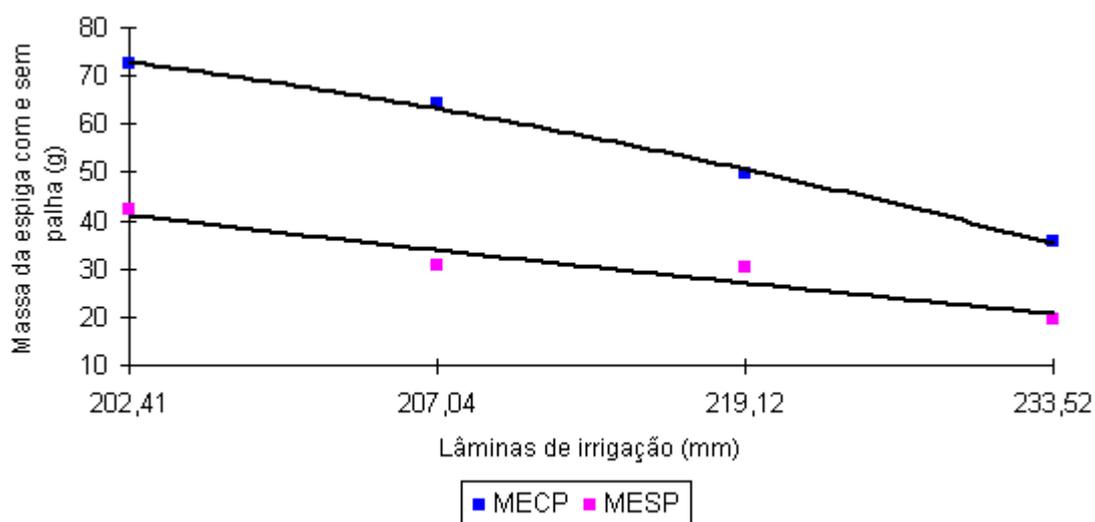


Figura 15 Massa das espigas com palha (MECP) e sem palha (MESP) em (g) de minimilho submetidos a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

As variáveis analisadas seguiram a mesma tendência quadrática em relação aos níveis de irrigação testados, enquanto o seu potencial produtivo comercial foi atingido com o nível de irrigação que proporcionou maior área foliar (AF), índice de área foliar (IAF) e número de folhas (NF) uma vez que existe uma correlação direta entre tais componentes na produção.

O comportamento das curvas para a massa das espigas com palha e massa das espigas sem palha evidenciou diferenças entre os tratamentos. Observou-se também diferença entre o T1 – 15 mm em relação aos demais que apresentaram, em ambas as variáveis, valores médios muito maiores.

Ao observar o comportamento da cultivar em relação à produtividade, registrou-se que apenas 15 a 20 % das espiguetas são aproveitáveis para a industrialização, conforme citam PEREIRA FILHO, GAMA & FURTADO (1998). Verificou-se também que T1 – 15 mm e T2 – 30 mm são os que apresentam maior porcentagem de massa comercializável e responderam por 18 % e 8 % das espiguetas sem palha, respectivamente, com massa ideal para a industrialização, correspondente a 1814,72 kg ha⁻¹ e 1306,68 kg ha⁻¹, respectivamente. Enquanto em T3 – 45 mm e T4 – 60 mm, apenas 1 % e 0%, respectivamente, apresentaram massa ideal para comercialização, correspondentes às produtividades de 171,90 kg ha⁻¹ e 0 kg ha⁻¹.

Os resultados da eficiência do uso da água com base na produtividade das espigas sem palha comercial e produtividade total são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 Eficiência do uso da água para a produtividade comercial (P_c) e produtividade total (P_t) das espigas sem palha do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

<i>Tratamento</i>	<i>P_t</i> <i>(kg ha⁻¹)</i>	<i>P_c</i> <i>(kg ha⁻¹)</i>	<i>Volume de água</i> <i>utilizado</i> <i>(m³ ha⁻¹)</i>	<i>Nº de</i> <i>irrigações</i>	<i>EUA - P_t</i> <i>(kg m⁻³)</i>	<i>EUA - P_c</i> <i>(kg m⁻³)</i>
T1-15mm	10080,80	1814,72	2335,20	22	4,31	0,77
T2-30mm	16329,60	1306,68	2191,20	14	7,45	0,59

T3-45mm	17190,00	171,90	2070,40	12	8,30	0,083
T4-60mm	22885,20	0,0	2024,10	11	11,30	0,0

Ao se fazer uma análise geral do comportamento da eficiência do uso da água em função dos níveis de irrigação, constata-se um decréscimo acentuado da EUA com o aumento da quantidade de água aplicada via irrigação, para a produtividade total, porém, para a produtividade comercial observa-se que o aumento do volume de água aplicada no minimilho promove um aumento em relação à eficiência do uso da mesma.

Verifica-se também que, o simples aumento na frequência da aplicação da água com redução da lâmina otimiza o recurso água, fenômeno este que está de acordo com as conclusões apresentadas por SOUSA *et al.* (2000) e SOUSA *et al.* (2005), ao mencionarem que, na maioria das vezes, o aumento da EUA pode ser obtido devido ao decréscimo da quantidade de água aplicada.

Pelos resultados referentes às produtividades total e comercial do minimilho, na comparação das médias, constatou-se que as produtividades total e comercial variaram em função das frequências de irrigação. Frequências menores proporcionaram as maiores produtividades totais e comerciais, nas quais os intervalos de irrigações maiores reduziram as produtividades total e comercial.

As reduções acentuadas observadas nos valores de EUA, com o aumento dos intervalos de irrigação, devem-se aos incrementos na lâmina de irrigação, ou seja, maiores períodos em que as plantas passaram sob déficit hídrico.

4.4.6 Número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹)

A análise de regressão realizada para o número de fileiras de grãos por espiga (NFE⁻¹) para as lâminas de irrigação apresentou modelo polinomial quadrático, com resultados significativos. Os valores das médias para cada tratamento podem ser observados na Tabela 25 e diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância. A equação para o número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹) (unidade) é apresentada na Tabela 26 e a curva para os tratamentos é apresentada na Figura 16.

Tabela 25 Número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹) do minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Nº de fileiras de grãos por espiga (unidade)</i>
T1 – 15 mm	13,66 a
T2 – 30 mm	14,93 b
T3 – 45 mm	15,00 b
T4 – 60 mm	15,06 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Tabela 26 Equação e análise de regressão (R²) para o número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹) em minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Média Geral</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
14,66	$y = -0,3025x^2 + 1,0855x + 14,1280$	0,9475

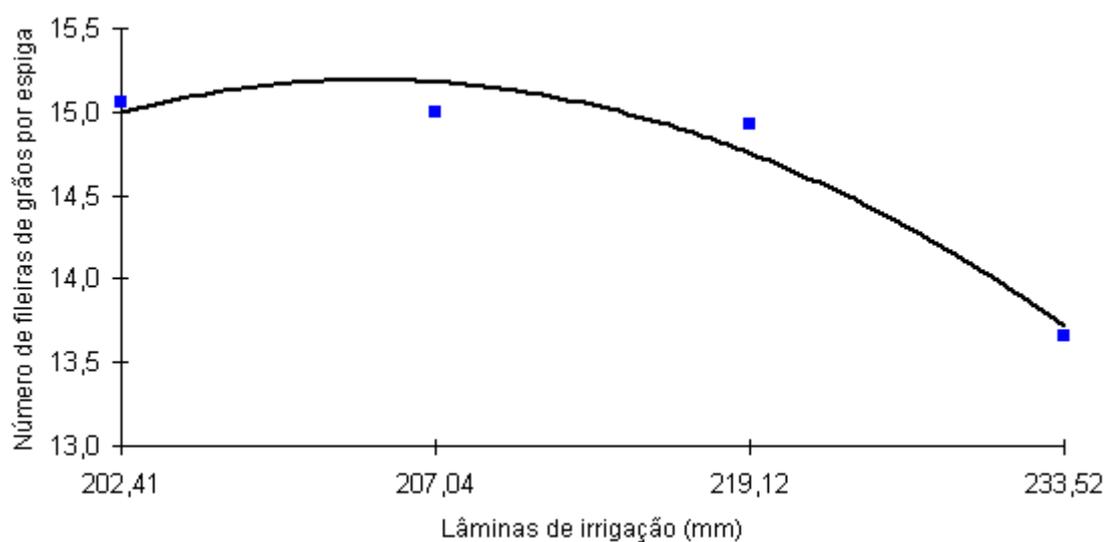


Figura 16 Número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹) em minimilho (unidade) submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

O número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹) é definido quando a planta apresenta de oito a doze folhas expandidas, aproximadamente um mês após emergência, segundo FANCELLI & DOURADO NETO (2000), tendo um determinismo pouco conhecido, o qual é definido muito cedo no curso do ciclo da planta. Este fato pode explicar a ocorrência de resultados semelhantes entre três tratamentos deste experimento, pois até os 20 DAE não havia diferença significativa entre os manejos de lâmina de irrigação.

A resposta das plantas de minimilho para a variável número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹) apresentou tendência crescente entre T1 – 15 mm e T2 – 30 mm. Para T3 – 45 mm, houve resultados uniformes, cuja maior resposta ocorreu em T4 – 60 mm.

Estes resultados estão próximos aos obtidos por DOURADO NETO (2004) quando estudou a influência e aplicação de fitorregulador no crescimento das plantas de milho e conseguiu atingir o máximo de fileiras de grãos por espiga, em torno de 14,55 unidades a 15,10 unidades.

4.4.7 Número de espigas que perfazem 360 g

A análise de regressão realizada para o número de espigas que totaliza 360g para as lâminas de irrigação apresentou modelo polinomial quadrático com resultados significativos. Os resultados das médias são apresentados na Tabela 27 e diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

Tabela 27 Número de espigas que perfazem 360g em minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Tratamento</i>	<i>Número de espigas que perfazem 360g</i>
-------------------	--

T1 – 15 mm	15,0 a
T2 – 30 mm	13,0 b
T3 – 45 mm	12,0 c
T4 – 60 mm	11,5 c

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância.

O resultado das aplicações das lâminas de irrigação para esta variável indicou aumento nos valores à medida que se aumentava a lâmina de irrigação e a frequência das mesmas.

A equação para o número de espigas que completam 360 g encontra-se na Tabela 28. E a curva para os tratamentos é apresentada na Figura 17.

Tabela 28 Equação e análise de regressão (R^2) para o número de espigas que perfazem 360 g em minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Média Geral</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
12,875	$y = 0,3750x^2 - 0,7250x + 11,8750$	0,9983

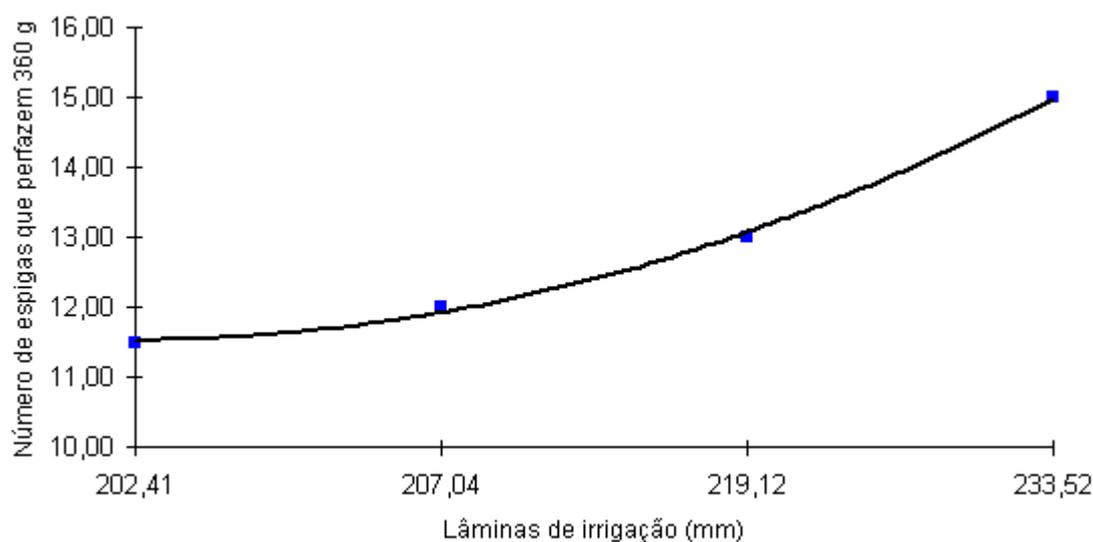


Figura 17 Número de espigas que perfazem 360g em minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura.

O comportamento da curva para número de espigas que preenchem 360 g evidencia diferenças significativas entre os tratamentos.

Embora o tratamento T1 – 15 mm tenha apresentado grande número de espigas e, por conseguinte, uma maior média de espiguetas, ainda assim, não possuía valor comercialmente aceitável, pois encontrava-se acima das recomendações para a indústria de conservas que é de aproximadamente dezessete espiguetas.

Os resultados dos quadrados médios da análise de variância para dados de produção e os valores das médias para cada tratamento estão apresentados na Tabela 29.

A análise dos dados de produção apontou que apenas o número de espigas por planta não apresentou resultado significativo, enquanto as demais variáveis se mostraram sensíveis às variações das lâminas de irrigação.

Para os valores de coeficientes de variação, todos apresentaram resultados baixos (menores que 30 %), ou seja, houve homogeneidade nos dados coletados.

Tabela 29 Análise de variância para dados de produção, número de espigas por planta (NE), estatura de inserção da primeira espiga (EI), comprimento da espiga com palha (CECP) e sem palha (CESP), diâmetro da espiga com palha (DECP) e sem palha (DESP), massa da espiga com palha (MECP) e sem palha (MESP), número de fileiras de grãos por espiga (NF E⁻¹), número de espigas que perfazem 360g do minimilho submetidas a quatro tratamentos de lâmina de irrigação durante o ciclo da cultura

<i>Variáveis</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>CV (%)</i>	<i>MG</i>
NE	3	0,177 ^{ns}	16,35	3,00
EI	3	0,167*	7,50	1,64
CECP	3	0,000914*	5,74	0,193
CESP	3	0,000759*	12,10	0,11
DECP	3	0,000076*	10,57	0,026
DESP	3	0,000041*	10,09	0,020
MECP	3	3969,54*	8,18	55,42
MESP	3	3836,97*	15,91	30,59
NF E ⁻¹	3	6,71*	6,26	14,66

NE em 360g	3	35,93*	7,89	12,87
------------	---	--------	------	-------

* = significativo em nível de probabilidade de 0,05; ^{ns}= não significativo em nível de probabilidade de 0,05; GL = grau de liberdade; QM= quadrado médio; CV= coeficiente de variação; MG= média geral.

5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir com base nos resultados obtidos e nas condições deste experimento que:

O manejo de irrigação influenciou de maneira significativa na análise de crescimento, apenas para os valores de área foliar e índice de área foliar.

Foram observadas diferenças significativas para o manejo de irrigação nos dados de produtividade. Entretanto, isto não influenciou significativamente apenas no número de espigas por planta, porém para estatura de inserção das espigas, comprimento da espiga com palha e sem palha, diâmetro da espiga com e sem palha, massa da espiga com palha e sem palha, número de fileiras de grãos por espigas e no número de espigas que perfazem 360g houve respostas significativas em nível de 5 % . Deve-se deixar registrado também que a aplicação de lâminas de água de irrigação, quando a evapotranspiração indicava valores acumulados de T1 – 15 mm e T2 – 30 mm, foram as que proporcionou os melhores resultados.

A eficiência do uso da água e a diminuição da frequência de aplicação para a produtividade comercial de espiguetas de minimilho diminuíram com o incremento da lâmina de irrigação.

Para os resultados de análise de crescimento, quanto maior a lâmina de irrigação e maior a frequência de aplicação, menor a estatura da planta e o número de folhas, e maiores serão a área foliar e o índice de área foliar.

Para os resultados de produção, quanto maior a lâmina de irrigação, maior a frequência de aplicação, maior a NE, EI, número de fileiras de grãos por espiga e o número de espigas em 360g, porém menores serão CECP, CESP, DECP, DESP, MECP e MESP.

Melhores resultados comerciais foram obtidos com o T1-15 mm, com aproveitamento de 18 % das espiguetas.

O manejo da irrigação do minimilho deve ser realizado com aplicação quando a evapotranspiração da cultura indicar valores acumulados de 15 a 30 mm. Além disto, é preciso ressaltar que a utilização de valores de

evapotranspiração acumulados maiores também ocasiona redução na produtividade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm>.> Acesso em : 10 jan. 2004.

ALMEIDA, M. L.de; SANGOI, L.; NAVA, I. C.; GÁLIO, J.; TRENTIN, P. S.; RAMPAZZO, C. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n. 2, p. 189-194, mar./abr.2003.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.da.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado – da – arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.

AVELAR, B. C. Ciclo de crescimento e desenvolvimento de três cultivares de milho e oito épocas de plantio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15., 1986. Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte : Embrapa – CNPMS, 1986. p.297 – 306. Disponível em <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações>> Acesso em: 24 ago. 2004.

AZEVEDO, H. M. Irrigação localizada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, p. 40-53, 1986.

BANZATTO, D.V.; KRONKA, S.N. Experimentação agrícola. FUNEP, Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1992, 247 p.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; BACKES, R. L. **Crescimento inicial e competitividade do milho com planta concorrente afetados pelo genótipo e massa das sementes**. Revista de Ciências Agroveterinárias. Lages, n.1. 2004. Disponível em: http://www.cav.udesc.br/2004_1/sementes Acesso em : 17 ago. 2005.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2.ed. 2003. 41p.

BERGAMASCHI, H. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre, EDUFRGS, 1992.125p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MULLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p. 831-839, set. 2004.

BOEDHRAM, N.; ARKEBAUER, T. J.; BATCHELOR, W. D. Season-long characterization of vertical distribution of leaf área in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.1235-1242, 2001.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.183-188, 1995.

CARLESSO, R. **Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments**. East Lansing – Miami, EUA, 1993. 268 f Tese (Doutorado), Universidade do Estado de Michigan.

CARLESSO, R.; PEITER, M. X.; CHRISOFARI, C. D. P.; WOLSCHICK, D.; PETRY, M. T. Manejo da irrigação do milho a partir da evapotranspiração máxima da cultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n.1, p. 15-23, jan. 2000.

CARLESSO, R.; JADOSKI, S.O.; MELO, G.L.; RODRIGUES, M.; FRIZZO, Z. Manejo da irrigação para maximização do rendimento de grãos do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v.8,n.1, p.1-9, jan./abr. 2003.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F.dos. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F.dos. Limite crítico de disponibilidade de água no solo às plantas de milho cultivadas em solos de diferentes texturas. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Disponível em: <http://www.ufsm.br/ppgcs/congressos/XXVI_Congresso_Brasileiro/XXVI_Congresso_Brasileiro.htm> Acesso em: 28 ago. 2004.

CASTRO, P. R. S.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e Fosfato, 1987. 249 p.

CODEVASF. **Seminário de recursos hídricos – BNDS/ ANA/ SRH-MMA**. Ministério da Integração Nacional. 2004.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Reference evapotranspiration based on class a pan evaporation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.417-420, jul./set. 2002.

DAKER, A. **Irrigação e drenagem**. 6.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 469p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande: UFPB, 1997. 204p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24).

DOURADO NETO, D.; ALVES, V.C.; SCHIMIDT, W., FAVARIN; J. L.; BONNECARRÈS, R. A. G.; MANFRON, P. A. Aspecto de morfologia e de produtividade em milho, afetados por herbicidas em duas épocas de aplicação. **Revista Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.10, n.1, p. 188-201, 2004.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.11, n.1, p. 93 - 102, 2004.

ECK, H. V. Effects of water deficits on yield, yield components and water use efficiency of irrigated corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, n. 6, p.1035-40, 1986.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa solos, 1999. 2p.

EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Brasília: Embrapa – Milho. 1993. 204p.

EMYGDIO, B. M. **Avaliação da performance agrônômica do híbrido de milho BRS 1001 no RS**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 6 p. html (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico On line, 114). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co114.htm . Acesso em: 11 ago. 2005.

ENGLISH, M.; RAJA, S. N. Perspective on deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.32, p.1-14, 1996.

ENGLISH, M.; NAKAMURA, B. Effects of deficit irrigation and irrigation frequency on wheat yields. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.115, n.2, p.172-184, 1989.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Cultura do milho: aspectos fisiológicos e manejo da água. **Potafos – Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n.73, p. 1-4, 1996. In: **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p. 147-151, 2001.

FARIA, R. A.; CARVALHO, D. F. de; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, M. A. A. Influência do método de estimativa da evapotranspiração de referência na demanda de irrigação suplementar para o milho (*Zea mays L.*) na Bacia do Rio Verde Grande (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, p.187-196, (Edição Especial), dez. 2000.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66p.

FIORIN, T. T.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, M.da; MICHELON, C. J. **Relações hídricas e índice de área foliar do milho cultivado em duas épocas de semeadura.** 5p. 2002. Disponível em: <www.ufsm.br/ppgscs/congressos/XIV_reuni%E3o_Brasileira_Cuiab%E1/XII_Reuniao_Brasileira_Cuiaba.htm> Acesso em: 30 ago.2005.

FURTADO, F. L. **Efeito da eficiência hídrica no desenvolvimento da cultura do milho em diferentes texturas do solo.** Cascavel, 2004. 34f. TCC (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade estadual do oeste do Paraná, Unioeste.

GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J.; BUENO, L. F.; GARCIA, A.; VIEIRA, R. D.; Efeito de diferentes períodos de irrigação no desenvolvimento e produção e qualidade de sementes na cultura do milho (*Zea mays L.*). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p. 301-308, mai./ago. 2004.

GLENN, D. M.; SCORZA, R.; BASSET, C. Physiological and morphological traits associated with increases water use efficiency in the willow-leaf peach. **HortScience**, Alexandria, v.35, n.7, p. 1241-1243, 2000.

GOMES, E. P.; TESTEZLAF, R. **Manejo de irrigação na tomaticultura-de-mesa.** Disponível em <<http://www.agr.unicamp.br/tomates/irrigacaoerecursosohidricos.htm>> Acesso em : 01 jun. 2005.

GOMES, E. P.; SOUSA, A. de P. Produtividade da alface (*Lactuca sativa L.*) em função dos valores de lâminas de água aplicados por gotejamento superficial e subsuperficial. **Irriga**, Botucatu, v.7, n.1, p. 35-41, 2002.

GRANT, R. F. Interaction between carbon dioxide and water deficits affedting canopy photosynthesis: simulation an testing. **Crop Science**, Madison, v.32, p.1322-1328, 1992.

HEINEMANN, A. B.; SOUSA, S. A. V.; FRIZZONE, J. A. Determinação da lâmina ótima de água para cultura do milho doce na região de Sete Lagoas, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.147-151, 2001. Disponível em : <<http://www.agriambi.com.br/revista>> Acesso em: 30 ago. 2004.

HERNADEZ, F. B. T. Manejo da Irrigação. In: Curso de Capacitação em Agricultura Irrigada, 1, 1999, Ilha Solteira. **Anais.....** Ilha Solteira: Unesp/Féis – Área de Hidráulica de Irrigação, p.19-26, 1999. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso3.htm>>. Acesso em : 22 dez. 2004.

HOEFT, R. G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. **Potafos – Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.104, 4 p. dez. 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Climatologia.** Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/climatologia/combo_climatologia_C.html> Acesso em: 20 nov. 2004.

KLEIN, V. A. Uma proposta de irrigação automática controlado por tensiômetros. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.6, p. 231-234, set./dez. 2001.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. 13p. Disponível em :<<http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>> Acesso em : 28 ago. 2004.

MARINATO, R. Irrigação em milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.72, p. 42-45, dez. 1980.

MATZENAUER, R. Estimativa da evapotranspiração do milho através de parâmetros meteorológicos. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.20,n.1, p.133-144, 1984.

MENDONÇA, C.; SOUSA, E. F. de; BERNARDO, S. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.275-279, mai./ago. 2003.

MENDONÇA, F.C.; MEDEIROS, R. D. de; BOTREL, T. A .; FRIZZONE, J.A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p. 1035-1044, out./dez. 1999. Suplemento.

MEROTTO JÚNIOR, A.; ALMEIDA, M. L.; FUCHS, O. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554,1997.

MILES, C.; ZENS, L. **Baby corn. Farming west of the cascades, Washington**: Washington State University, 1998. 8p. Disponível em:<<http://agsyst.wsu.edu/babycorn.htm>> Acesso em: 27 fev.2005.

MOREIRA, H. J. da C. **Manual prático para o manejo da irrigação**. Brasília, 1992. 90p.

MUCHOW, R. C. Effect of high temperature on grain-growth in field-grown maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.23, p. 145- 158, 1990.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Manejo cultural do minimilho. **Circular Técnica**. EMBRAPA, n.7, 4p. nov. 2001. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações>> Acesso em: 24 ago. 2004.

PEREIRA FILHO, I. A.; GAMA, E. E. G.; FURTADO, A. A. L. A produção do minimilho. **Comunicado Técnico**. EMBRAPA, n.7. 4p. mai. 1998. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicações>> Acesso em: 24 ago.2004.

PEREIRA, A. R.; ALGELOCCI, R. L.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. 1. ed. Guaíba : Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.183p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. 1.ed. São Paulo: Manole Ltda, 1990.188p.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COUTO, L. **Cultura do milho irrigado**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 317p.

RESENDE, M.; FRANÇA, G. E.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2000. 39p.

RITCHIE, J. T. Soil water availability. **Plant and Soil**, Dordrecht, Netherlands, v. 58, p. 327-338, 1981. Disponível em : <http://nowlin.css.msu.edu/wheat_book/> Acesso em: 10 set. 2004.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. Como a planta do milho se desenvolve. **Potafos – Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 103, set. 2003. Disponível em :<<http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/>>Acesso em: 24 ago. 2004.

RITCHIE, S. W.; NGUYEN, H. T.; HOLADAY, A. S. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. **Crop Science**, Madison, v.30, p.105-111, 1990.

RODRIGUES, L. R. F.; SILVA, N. da MORI, E. S. Avaliação de Sete Famílias S₂ Prolíficas de Minimilho para a produção de Híbrido. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.31-38, 2004.

RODRIGUES, L. R. F. **Capacidade de combinação de linhagens de minimilho (Zea mays)**. Botucatu, 2001, 80p.Tese (Doutorado), Instituto de Biociência, Unesp.

ROSENTHAL, W. D., ARKIN, G. F., SHOUSE, P. G. Water deficit effects on transpiration and leaf growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, p. 1019-1026, 1987.

RUVIARO, C.; **Manejo da Irrigação e viabilidade econômica para a produção de silagem de milho e sorgo**. Santa Maria, 2003. 117p. Tese (Doutorado em Agronomia – Biodinâmica do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, UFMS.

SÁ, M.; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA SOBRINHO, F.de; Aspectos morfológicos e fisiológicos de cultivares modernas e antigas de milho. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.5, p.1082-1091, set./out. 2002.

SANGOI, L. Arranjo de plantas e características agronômicas de genótipos de milho em dois níveis de fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.7, p.12-14, 1990.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, p.159-168. 2001.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, n.2, 2002.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de; SILVA, P. R. S. da; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. *Bragantia*, Campinas, v.61,n.2, p.101-110, mai./ago. 2002.

SANTOS, J. R. M. Irrigar é preciso. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.18, n.3, p. 29 – 34, mar, 1998.

SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, p.1-12, 1996. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/rba/volumes.html>> Acesso em : 22 dez. 2004.

SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas, em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.585-595, 1999.

SILVEIRA, M. H. D. **Manejo da irrigação e da cobertura nitrogenada em minimilho (Zea mays L.)**. Botucatu, 2003. 72 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp.

SKÓRA NETO, F. Uso de caracteres fenológicos do milho como indicadores do início da interferência causada por plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.1, p.81-87, jan./abr. 2003.

SOARES, W. R.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A. R.; COSTA, J. M. N. Dependência do coeficiente de cultura no estágio inicial do desenvolvimento (Kci) à lâmina de irrigação e textura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.23-27. 2001.

SOARES, M. de C. F.; KLAR, A. E. Avaliação do desempenho de um conjunto de lisímetros com uma cultura de milho (Zea mays L.) **Irriga**, Botucatu, v.6, n.1, p. 37-52, 2001.

SOUSA, V. F. de; COÊLHO, E. F.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; OLIVEIRA, F. das C. Eficiência do uso da água pelo

meloeiro sob diferentes freqüências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

SOUSA, V. F. de; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; VIANA, T. V. de A. Eficiência do uso da água pelo maracujazeiro amarelo sob diferentes níveis de irrigação e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p. 302-306, 2005.

SOUZA, C. A.; MATSURA, E. E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. Campina Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.7-15, 2004. Disponível em: <www.agriambi.com.br/revista> Acesso em : 31 ago. 2004.

STICKLER, F. C.; WEARDEN, S.; PAULI, A. W. Leaf area determination in grain sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v.53, p.187-188, 1961.

TORMENA, C. A.; SILVA, À. P. da; GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: Um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p.286-292, 1999.

VOLPE, C. A.; CHURATA – MASCA, M. G. C. **Manejo da irrigação em hortaliças**: Método do tanque classe “A”. Jaboticabal: Funep, 1988. 19p.

VON PINHO, R. G.; CARVALHO, G. S.; RODRIGUES, V. do N.; PEREIRA, J. Características físicas e químicas de cultivares de milho para a produção de Minimilho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.6, p. 1419-1425, nov./dez. 2003.

YANG, C. M.; FAN, M. J.; HSIANG, W. M. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) to soil water deficits. II - Effects of water deficit timing and strenght. **Journal Agricultural Research**, Taipei, v.42, n.2, p.173-86, 1993.