



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**PRODUÇÃO DE PIMENTÃO**  
**(*Capsicum annuum L.*) EM DIFERENTES NÍVEIS**  
**DE NITROGÊNIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

**VLADENILSON FROTA ARAGÃO**

**CAMPINA GRANDE - PB**  
**2005**

**VLADENILSON FROTA ARAGÃO**

**Tecnólogo em Irrigação**

**PRODUÇÃO DE PIMENTÃO**  
**(*Capsicum annuum L.*) EM DIFERENTES NÍVEIS**  
**DE NITROGÊNIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Orientador: Prof. Dr. **Pedro Dantas Fernandes**  
Orientador: Prof. Dr. **Raimundo Rodrigues Gomes Filho**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**CAMPINA GRANDE - PB**  
**2005**



### Ficha Catalográfica

Aragão, Vladenilson Frota

Produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em diferentes níveis de nitrogênio e lâminas de irrigação. / Vladenilson Frota Aragão. – Campina Grande: Edições UFSCG, 2005.

60 p. : il.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Campina Grande, 2005.

1. Pimentão. 2. Lâmina de irrigação. 3. Nitrogênio. I. Título.

1. Agricultura em Tena Irigada

CDD 631.587 (043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

VLADENILSON FROTA ARAGÃO

PRODUÇÃO DE PIMENTÃO (*CAPSICUM ANNUM L.*) EM  
DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO E LÂMINAS DE  
IRRIGAÇÃO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Pedro Dantas Fernandes-Orientador

APROVADO

Dr. Raimundo R. Gomes Filho-Orientador

APROVADO

Dr. Hans Raj Gheyi-Examinador

Aprovado

Dr. Salomão Sousa de Medeiros-Examinador

APROVADO

MAIO - 2005

Aos meus pais, José Ozani de Andrade Aragão e Lúcia Maria Frota Aragão, pelo amor, carinho, compreensão, apoio e dedicação dados a mim ao longo de minha vida.

### **DEDICO**

À Denise Pereira de Sousa, amiga e companheira, pelo amor, carinho e compreensão.

Aos meus irmãos Valéria e Vládio, pelo apoio concedido para que eu aqui chegasse.

### **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido a existência e proporcionado todas as oportunidades que me trouxeram até aqui;

Ao Departamento de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, pela oportunidade concedida para a realização do curso e da liberação concedida para realização deste trabalho de dissertação na localidade de Sobral-CE;

Ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC, pela aceitação deste trabalho em suas dependências, e pela liberação dos laboratórios e corpo técnico, para o perfeito desenvolvimento desta dissertação;

À Coordenação do Curso de Irrigação do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, pelo apoio e financiamento concedido para realização deste trabalho;

Ao Programa Institucional de Capacitação de Docentes e Técnicos - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo;

Ao Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, pela confiança e orientação no desenvolver deste trabalho, bem como pela amizade e ensinamentos prestados durante o curso;

Ao Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho, pela orientação, dedicação e amizade prestadas durante o desenvolver das atividades referentes a este trabalho;

Aos professores da Pós-graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, pela orientação e esforço para transmitir seus conhecimentos;

Aos Professores, Luciano Rodrigues, Manoel Valnir Júnior, Silvio Carlos Ribeiro Vieira Lima e Raimundo Rodrigues Gomes Filho, pelo incentivo dado para realização desta pós-graduação;

À Prof<sup>ª</sup> Maria Cristina, por ter conseguido as mudas de pimentão e pela ajuda dada na identificação e controle das pragas e doenças da cultura do pimentão;

Aos professores do Instituto CENTEC, Adna, Eliezer Santurbano Gervásio, Rita de Cássia, Célia Câmara do Vale, pelas valiosas contribuições e sugestões;

Aos amigos Clayton Moura, Charles Teles e Clécio do Carmo pela amizade e compreensão durante o período de nossa convivência;

Aos laboratoristas Marcos Mesquita, Michele, Mariene e Leila, pela ajuda prestada nas análises de solo e água, bem como pelo auxílio na utilização dos equipamentos;

Aos funcionários do Instituto CENTEC, José Maria e Neto pela colaboração;

E a todos que de forma direta ou indireta auxiliaram e apoiaram na concretização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 CULTURA DO PIMENTÃO.....	3
2.2 ÁGUA NO RENDIMENTO DAS CULTURAS.....	5
2.3 NITROGÊNIO NO RENDIMENTO DAS CULTURAS.....	7
2.4 O CULTIVO EM AMBIENTE PROTEGIDO.....	8
2.5 INDICADORES FISIOLÓGICOS DO ESTADO HÍDRICO DAS PLANTAS.....	9
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO.....	11
3.2 MATERIAL DE SOLO E SUBSTRATO.....	11
3.3 CULTURA E PRÁTICAS ADOTADAS.....	13
3.4 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	14
3.5 CROQUI DA ÁREA DO EXPERIMENTO.....	15
3.6 TRANSPLANTIO DAS MUDAS.....	15
3.7 DESBROTA.....	15
3.8 TUTORAMENTO.....	17
3.9 CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS.....	17
3.10 ADUBAÇÃO.....	17
3.11 MANEJO E CONTROLE DA IRRIGAÇÃO.....	18
3.12 MONITORAMENTO DA UMIDADE DO AR E DA TEMPERATURA.....	18
3.13 COLHEITA.....	19
3.14 VARIÁVEIS AVALIADAS.....	19
3.14.1 <i>Altura de plantas</i> .....	19
3.14.2 <i>Número de folhas</i> .....	19
3.14.3 <i>Área foliar</i> .....	20
3.14.4 <i>Número e peso fresco total dos frutos</i> .....	20



3.14.5	<i>Comprimento e diâmetro dos frutos</i> .....	20
3.14.6	<i>Fitomassa dos frutos</i> .....	20
3.14.7	<i>Fitomassa de folhas e caule</i> .....	21
3.14.8	<i>Fitomassa do material de desbaste</i> .....	21
3.14.9	<i>Fitomassa da parte aérea</i> .....	21
3.15	EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA (E <sub>u</sub> ) .....	21
3.16	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
4.1	TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR .....	23
4.2	LÂMINAS APLICADAS .....	24
4.3	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO .....	26
4.3.1	<i>Altura das plantas</i> .....	27
4.3.2	<i>Número de folhas</i> .....	29
4.3.3	<i>Área foliar</i> .....	32
4.4	AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO .....	34
4.4.1	<i>Número de frutos</i> .....	35
4.4.2	<i>Peso fresco de frutos</i> .....	36
4.4.3	<i>Comprimento do fruto</i> .....	39
4.4.4	<i>Diâmetro do fruto</i> .....	41
4.5	AVALIAÇÃO DA FITOMASSA .....	43
4.5.1	<i>Fitomassa das folhas</i> .....	43
4.5.2	<i>Fitomassa do caule</i> .....	46
4.5.3	<i>Fitomassa dos frutos</i> .....	48
4.5.4	<i>Fitomassa da parte aérea</i> .....	50
4.6	EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA .....	53
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista geral do experimento .....	14
Figura 2: Croqui da área do experimento.....	16
Figura 3: Termohigrógrafo .....	19
Figura 4: Variação diária da temperatura média do ar no interior da casa de vegetação.....	23
Figura 5: Variação diária da umidade relativa média do ar no interior da casa de vegetação.....	24
Figura 6: Lâminas de irrigação acumulada durante o experimento .....	25
Figura 7: Desdobramento da interação L x N para os dados de altura de planta (cm). .....	28
Figura 8: À direita plantas com deficiência de nitrogênio, e à esquerda plantas com aplicação integral de nitrogênio.....	29
Figura 9: Desdobramento da interação L x N para os dados de número de folhas (N°).....	31
Figura 10: Desdobramento da interação L x N para os dados de área foliar (cm <sup>2</sup> ). .	34
Figura 11: Número de frutos de pimentão em função dos níveis de nitrogênio aplicado.....	36
Figura 12: Desdobramento da interação L x N para os dados de peso fresco de frutos de pimentão em g/planta.....	38
Figura 13: Desdobramento da interação L x N para os dados comprimento de frutos em mm.....	40
Figura 14: Desdobramento da interação L x N para os dados de diâmetro de frutos em mm.....	42
Figura 16: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de folhas em g/planta.....	46
Figura 17: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de caule em g/planta.....	48
Figura 18: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de frutos de pimentão em g/planta.....	50
Figura 19: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de frutos em g/planta.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado da análise de água utilizada na Irrigação. CENTEC, Sobral-CE, 2004.....	12
Tabela 2: Dados da análise química do solo antes e depois da incorporação do substrato. CENTEC, Sobral-CE, 2004.....	12
Tabela 3: Análise Física do Solo antes e depois da incorporação do substrato. CENTEC, Sobral-CE, 2004.....	13
Tabela 4: Tratamentos testados, resultantes da combinação entre lâminas de irrigação e taxas de evaporação do tanque classe A (ECA).....	15
Tabela 5: Fertilizantes utilizados como fontes dos nutrientes.....	17
Tabela 6: Resumo de ANAVA e médias para altura de planta (AP), número de folhas (NFo) e área foliar (AF), em função dos tratamentos.....	26
Tabela 7: Desdobramento da interação (L x N) para altura de planta (AP), com as respectivas médias. <sup>1</sup> .....	27
Tabela 8: Desdobramento da interação (L x N) para número de folhas (NFo), com as respectivas médias.....	30
Tabela 9: Desdobramento da interação (L x N) para área foliar (AF), com as respectivas médias. <sup>1</sup> .....	32
Tabela 10: Resumo de ANAVA e médias para número de frutos (NFr), peso fresco de frutos (PFF), comprimento de frutos (CF) e diâmetro de fruto (DF), em função dos tratamentos.....	35
Tabela 11: Desdobramento da interação (L x N) para peso fresco de frutos (PFF), com as respectivas médias. <sup>1</sup> .....	36
Tabela 12: Desdobramento da interação (L x N) para comprimento de fruto (CF), com as respectivas médias.....	39
Tabela 13: Desdobramento da interação (L x N) para diâmetro de fruto (DF), com as respectivas médias.....	41
Tabela 14: Resumo de ANAVA e médias para fitomassa de folhas (FFo), fitomassa de caule (FC), fitomassa de frutos (FFr) e fitomassa da parte aérea (PA), em função dos tratamentos.....	43
Tabela 15: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa de folhas (FFo), com as respectivas médias.....	44

Tabela 16: Partição do carbono para diferentes órgãos da planta, para cada tratamento.....	45
Tabela 17: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa de caule (FC), com as respectivas médias. <sup>1</sup> .....	47
Tabela 18: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa de fruto (FFr), com as respectivas médias. <sup>1</sup> .....	49
Tabela 19: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa da parte aérea, com as respectivas médias.....	51
Tabela 20: Médias da eficiência de uso da água ( $\text{Kg.mm}^{-1}$ ) para diferentes combinações de lâminas de água e níveis de nitrogênio.....	53

## RESUMO

Com o objetivo de estudar o efeito de doses de nitrogênio e de lâminas de irrigação sobre o desenvolvimento e produção da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), híbrido Magali R, cultivado em ambiente protegido, conduziu-se um experimento na casa de vegetação pertencente à coordenação de Recursos Hídricos/Irrigação do Instituto Centro de Ensino Tecnológico – CENTEC, em Sobral-CE. Foram utilizadas para isso quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ECA) associadas a quatro níveis de nitrogênio (0, 50, 75 e 100% de N), sendo adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, com 5 repetições. O pimentão foi cultivado em vasos com capacidade de 15 litros, com uma planta por vaso. O adubo nitrogenado foi aplicado manualmente, enquanto que as lâminas foram aplicadas por um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com um gotejador por planta. As irrigações com frequências diárias foram aplicadas com base na evaporação do Tanque Classe “A”, e as doses de nitrogênio através da recomendação do manual de Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. Foram analisadas as características relacionadas ao crescimento, produção, fitomassa e eficiência de uso da água. Verificou-se que o número de frutos do híbrido Magali R cresceu quadraticamente com o aumento dos níveis de nitrogênio e que a maior produtividade ( $15,013 \text{ t.ha}^{-1}$ ) foi observada para o tratamento onde se aplicou a maior lâmina de irrigação e maior nível de nitrogênio (L4N4).

Palavras-chave: Pimentão; Lâmina de irrigação; Nitrogênio.

## ABSTRACT

With the objective of studying the effects of nitrogen and irrigation level in the development and production of the pepper culture (*Capsicum annum* L.), hybrid Magali R, cultivated in a controlled atmosphere, an experiment was conducted in the green house of the Water Resources Department as part of the Technological Teaching Center Institute –CENTEC, in Sobral-CE. Four irrigation levels were applied (50, 75, 100 and 125% of Class A Evaporation Pan -ECA) associated with four levels of nitrogen (0, 50, 75 and 100% of N), being adopted the entirely randomized experiment technique and factorial type 4 x 4, with 5 repetitions. The pepper plants were cultivated in reservoirs with 15 liters capacity with a plant for every reservoir. The nitrogen fertilizer was applied manually, while the irrigation sheets were applied by a dripper irrigation system, with a dripper for every plant. The daily irrigations were applied according to the Evaporation Pan index and the nitrogen doses followed the recommendations from the “manual de adubação e calagem para o estado do Ceará” a guideline for fertilization and acid correction in Ceara State . The characteristics related to growth, production, plant mass and water use efficiency were analyzed. It was verified that the number of fruits for the hybrid Magali R was four times higher as the nitrogen levels increased and the highest productivity (15,013 t.ha<sup>-1</sup>) was observed for the treatment with both the highest irrigation sheet and level of nitrogen (L4N4).

Key words: Pepper; irrigation Sheet; Nitrogen.

## 1 INTRODUÇÃO

O Pimentão (*Capsicum annuum L.*), atualmente, encontra-se entre as dez hortaliças mais consumidas (CEASA, 2004), apresentando elevado valor comercial, produtividade de 50 t.ha<sup>-1</sup>, alto teor de vitamina C, essencial à nutrição humana, podendo chegar a 1,5g.100g<sup>-1</sup> de massa seca, além de 10% de proteínas (EL SAIED, 1995), fonte de vitaminas (A, niacina, B1 e B2) e minerais como o ferro e o fósforo.

No Brasil, o pimentão figura entre as hortaliças de maior importância socioeconômica, destacando-se o Sudeste como principal região produtora do país. Também, o Nordeste brasileiro apresenta ótimas condições climatológicas para o seu cultivo, notadamente o estado do Ceará, o que é auto-suficiente na produção dessa olerícola (Muniz *et al.*, 1987) e que segundo o SIGA (Sistema de Informação Gerencial Agrícola), o volume de pimentão comercializado no ano de 2003 ao nível de atacado na CEASA-CE foi de 8.158,8 toneladas, com média mensal de 679,9 toneladas e comercializado a um preço médio mensal de R\$ 1,29 por Kg.

Sua comercialização é feita principalmente com frutos na coloração verde e vermelha, porém possui outras pigmentações (creme, amarela, arroxeadas), que influenciam seu sabor e aroma, atraindo consumidores de todos os gostos, conferindo ao fruto preços diferenciados e elevados de acordo com sua excentricidade.

Por ser um produto de proeminência no mercado consumidor, os produtores desta hortaliça vêm, a cada dia, investindo mais em tecnologia, como sementes híbridas resistentes a doenças, sistemas de irrigação que propiciem uma maior eficiência na aplicação da água, aplicação de adubos via fertirrigação e foliar; está ocorrendo um aumento na construção de casas de vegetação e de estufas, a cada dia, como uma das opções para minimizar o ataque de pragas e doenças, diminuindo com isso o custo e uso de defensivos agrícolas, além de melhoria da produtividade e possibilidade de produção na entre safra, maximizando desta forma os lucros.

De acordo com Sganzerla (1995), o cultivo do pimentão em ambiente protegido possibilita uma produção contínua e certa, abastecendo o mercado o ano todo. Em tais condições são obtidos altos rendimentos e melhor qualidade dos

produtos, em épocas do ano em que as condições ambientais são desfavoráveis no campo. Em cultivo protegido, o comportamento da cultura e sua necessidade nutricional são diferentes. E apesar disso, na maioria das vezes, as mesmas doses de fertilizantes estão sendo utilizadas nos dois sistemas de cultivo, enfatizando a necessidade de estudos sobre o assunto.

No entanto, mesmo de posse desta tecnologia, o uso da irrigação e dos fertilizantes, bem como das quantidades a serem aplicadas e os períodos de maior demanda são fatores que exigem um conhecimento das relações solo-água-planta-atmosfera, pois estes são os principais fatores limitantes no processo produtivo da cultura do pimentão, onde as aplicações nas dosagens e períodos corretos podem levar ao sucesso da produção.

Apesar do aumento crescente do cultivo do pimentão na região de Sobral-CE e em cidades circunvizinhas, nenhum trabalho tem sido feito no intuito de determinar a melhor lâmina de irrigação e a quantidade adequada de adubo a ser utilizado no cultivo do pimentão. Sendo, no entanto, pouco explorado a sua potencialidade, embora os produtores tenham investido, a cada dia, no uso de sistemas de irrigação localizada e utilização de sementes e mudas de híbridos resistentes a doenças.

Assim sendo este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da cultura do pimentão (híbrido Magali R) submetido a diferentes lâminas de irrigação e diferentes níveis de nitrogênio cultivado em ambiente protegido, como forma de dar informação e suporte a estudantes, técnicos e produtores que se interessem em continuar com os estudos de melhoramento da produtividade, e utilizar a verdadeira potencialidade do que dispõe. Ressaltando-se que não basta apenas ter um sistema de irrigação e sementes melhoradas para produzir com qualidade, tem que saber como manejar e associar todo o recurso disponível.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do pimentão

O pimentão, pertencente à família *Solanaceae*, nome científico *Capsicum annuum* L., é uma planta arbustiva, atingindo 50-80 cm de altura, com folhas de coloração verde-escura e com formato oval-lanceolado; é cultivada como cultura anual, porém pode permanecer como semiperene, na ausência de patógenos, especialmente viroses; nesse caso, pode ultrapassar 180 cm, como observado na Holanda, em casa de vegetação. As flores são hermafroditas, sendo a cultura autopolinizada, normalmente. As raízes atingem 100 cm de profundidade. A planta é de origem latino-americana, sendo suas formas selvagens encontradas desde o norte do Chile até o México (Filgueira, 2003).

Segundo a Embrapa Hortaliças (2003), as variedades de pimentão cultivadas são de origem tropical e não toleram frio e geadas, adapta-se a temperaturas mais altas (25° e 30°C). Assim, em regiões de clima temperado, o cultivo é feito na época em que não há riscos de ocorrência de geadas. No mercado existe um predomínio de híbridos, que se caracterizam pela resistência a doenças, alto vigor, produtividade, precocidade de produção e uniformidade; são híbridos de fruto verde/vermelho: Magali, Magali R, Martha, Atenas, Safari, Apólo, Melody, Dominó, Magnata, Mayata, Nathalie, Margarita, Reinger e Elisa. O espaçamento normalmente adotado é de 0,8 a 1,0 m entre linhas e de 0,4 a 0,5 m entre plantas, dependendo do porte da cultivar ou híbrido e das condições climáticas predominantes no local de plantio. A produtividade em cultivo de campo pode chegar a 25 - 40 t.ha<sup>-1</sup>.

Em pesquisa realizada por Robledo & Martin (1981), em casa de vegetação, a produtividade média do pimentão foi de 30 t.ha<sup>-1</sup> e a máxima de 40 t.ha<sup>-1</sup>, e em cultivo em campo a produtividade variou de 15 t.ha<sup>-1</sup> a 20 t.ha<sup>-1</sup>. Braga (2000), trabalhando com pimentão cultivado em estufa e irrigado por gotejamento, obteve produção mínima de 35,7 t.ha<sup>-1</sup> e máxima de 54 t.ha<sup>-1</sup>, em três colheitas realizadas durante um ano. Já Carvalho et al. (2001), estudando o efeito de diferentes níveis de déficit hídrico e de doses de nitrogênio em ambiente protegido, encontraram

produções máximas de 14,76 t.ha<sup>-1</sup>, atribuídas a temperaturas e umidades relativas fora dos limites exigidos pela cultura.

Polowick & Sawhney (1985), analisando o efeito da temperatura no desenvolvimento das flores e dos frutos de pimentão, observaram que o peso fresco, comprimento e diâmetro dos frutos foram maiores em condições de alta temperatura (28°C de dia e 23°C à noite) do que em temperaturas mais baixas (18°C de dia e 15°C à noite). Goto & Rossi (1997) afirmam que para se obter uma massa foliar satisfatória, a temperatura deve oscilar entre 20°C e 25°C durante o dia, e entre 15°C e 18°C à noite; durante o período de floração, a máxima temperatura tolerada é de 30°C e a mínima de 18°C.

Segundo Tivelli (1998), a umidade relativa do ar ideal para o cultivo do pimentão, em ambiente protegido, situa-se entre 50% e 70%. Quando mantido dentro dessa faixa, além de beneficiar o desenvolvimento da cultura, reduz drasticamente a ocorrência de doenças; fora da faixa ideal, um dos prejuízos causados à cultura é a diminuição do nível de polinização, o que resulta na ocorrência de abortamento de frutos ou na formação de frutos defeituosos.

Doorenbos & Kassam (1994) afirmam que a cultura do pimentão extrema seu potencial em solos de textura leve, com boa capacidade de retenção de água e boa drenagem. E o pH do solo favorável ao seu cultivo encontra-se oscilando entre 5,5 e 7,0.

De acordo com Figueira (2003), o desenvolvimento inicial da cultura é lento, apresentando uma pequena extração de nutrientes até os 75 dias. Após esta fase, com o aparecimento de flores e com o início da frutificação, sua absorção tende a ser elevada. Malavolta et al. (1989), comentam que os teores de macronutrientes adequados em folhas recém formadas de pimentão, em pleno florescimento, são de 3,5% N, 0,25% P, 2,5% K, 2,5% Ca, 0,75% Mg e 0,45% S.

Fernandes (1971) verificou que os nutrientes mais presentes nos frutos de pimentão são o potássio e o nitrogênio, seguidos de fósforo, enxofre, cálcio e magnésio. E que o nitrogênio, o fósforo e o potássio acumularam-se na parte vegetativa e nos frutos, enquanto que 6% do cálcio total absorvido pela planta e 17% do magnésio encontravam-se nos frutos.

Com relação as doenças, as mais significativas à produção são: murcha-de-fitóftora (*Phytophthora capsici*), mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv.

*vesicatoria*), murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), oídio (*Oidiopsis taurica*), vira-cabeça (TSWV, GRSV, TCSV) e mosaico (PeYMV, PVY). Em relação a pragas, a ocorrência de ácaros e tripes é a que mais influencia no desenvolvimento de plantas e frutos (Embrapa Hortaliças, 2003).

## 2.2 Água no rendimento das culturas

A água é fator limitante no processo produtivo de uma cultura agrícola, não só por participar significativamente na composição do vegetal, mas também por ser elemento catalisador na mobilização dos nutrientes às plantas.

Sua importância torna-se ainda mais relevante em regiões com instabilidade climática, caracterizada por apresentar chuvas escassas e concentradas em períodos do ano, necessitando muitas vezes de recargas artificiais complementares (Bernardo, 1995).

Contudo, a aplicação d'água às plantas, na grande maioria dos casos, tem sido negligenciada, resultando muitas vezes em insucesso da irrigação, quer pela aplicação de lâminas excessivas concorrendo para erosão, saturação e salinização dos solos, quer pela utilização de lâminas deficitárias, acarretando estresse hídrico com conseqüências negativas nos rendimentos dos cultivos (Doorenbos & Kassam, 1994 e Reis, 2002).

A situação ideal para o rendimento das culturas ocorre quando há água disponível no solo e o fluxo desta atende à demanda atmosférica, ou seja, a evapotranspiração real ( $ET_r$ ) é igual a evapotranspiração máxima ( $ET_m$ ). Toda vez que a  $ET_r$  é menor que a  $ET_m$  significa que existe restrição de água e a produtividade pode estar sendo afetada (Reichardt, 1990).

Segundo Doorenbos & Kassam (1994), a evapotranspiração máxima ( $ET_m$ ) refere-se às condições em que a água é suficiente para o crescimento e desenvolvimento de uma cultura sadia, sem restrição, cultivada em grandes áreas sob condições ótimas de manejo agrônomico e de irrigação. A resposta da cultura em rendimento produtivo, ao suprimento de água, é quantificada através do fator de resposta da cultura ( $K_y$ ) que relaciona a queda do rendimento relativo ( $1 - y_r / y_m$ ) com o déficit de evapotranspiração relativa ( $1 - ET_r / ET_m$ ). Os autores afirmam, ainda, que em condições de suprimento de água limitado, a cultura sofrerá maior perda de rendimento quanto maior for o valor de  $K_y$ . E observaram que, a cultura do

pimentão é classificada como de sensibilidade média a alta ( $K_y = 1,1$ , para todo o ciclo), sendo bastante sensível ao déficit de umidade do solo, sobretudo, no início da floração, quando não deve a água disponível do solo reduzir mais que 25%. Sendo assim, este fator apresenta-se, portanto, como base para o manejo racional de água em relação à produção irrigada.

O rendimento máximo de uma cultura, de acordo com Doorenbos & Kassam (1994), é aquele obtido de uma variedade altamente produtiva e bem adaptada ao respectivo ambiente de crescimento, em condições tais que não haja limitações de água, nutrientes, pragas e doenças, durante todo o período de amadurecimento. De acordo com Bennett (1982), o uso consultivo de água, geralmente é baixo durante o estágio inicial de crescimento das culturas, aumenta no estágio de desenvolvimento e tende a diminuir no estágio de maturação. Dependendo da cultura e das condições ambientais, o consumo varia de 3,75 a 7,00 mm por dia.

O déficit de água no solo e o conseqüente déficit na planta têm acentuados efeitos sobre a evapotranspiração e o rendimento das culturas, conforme relatos de Stewart (1972), Hillel & Guron (1973) e Howele & Hiler (1975). De acordo com Hexem & Heady (1978), a produtividade das culturas pode variar em diferentes solos, climas e, também em decorrência da qualidade da água de irrigação.

Conforme Kiehl (1979), a quantidade de água armazenada no solo, disponível às plantas, varia com a textura e as características físicas do solo, levando a planta a apresentar diferentes respostas.

Para Ortolani & Camargo (1987), é de fundamental importância, o conhecimento das condições meteorológicas durante o período de desenvolvimento das plantas, principalmente quanto aos períodos de baixa precipitação e elevada demanda na evapotranspiração.

O efeito do déficit hídrico sobre a produção das culturas está vinculado ao seu período de ocorrência durante o desenvolvimento das plantas (Kelling, 1995). A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final, os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade, e do estágio de desenvolvimento da planta (Folegatti et al., 1997).

Doorenbos & Kassam (1994) afirmam que a cultura do pimentão, em condições de campo, tem um ciclo de 120 a 150 dias, apresentando coeficiente de

cultivo ( $K_c$ ) de 0,4 logo após o transplante, 0,95 a 1,1 durante o período de cobertura plena e, para a época de colheita do pimentão verde, valor de  $K_c$  oscilando de 0,8 a 0,9. Os autores ainda constataram que, quanto a eficiência de utilização de água pela cultura, esta era capaz de produzir de 1,5 a 3,0 Kg de frutos verdes por planta com 90% de umidade por  $m^3$  de água consumida pela cultura.

Em trabalho visando determinar o potencial ótimo de tensão de água do solo para a cultura do pimentão, em condições de campo irrigado por gotejamento, Wierenga e Saddiq (1985) encontraram que os maiores rendimentos foram obtidos para potenciais entre -15 e -25 kPa na camada de 0 a 60 cm de profundidade. Em pesquisa realizada por Frizzone et al. (1997), foi observado que o potencial mátrico médio de -32 kPa reduz de forma drástica o rendimento do pimentão, em condições de plantio em estufa, mesmo sendo verificado não ter sido afetada a altura de planta pelos potenciais de água no solo.

O déficit hídrico também aumenta a senescência das folhas (Wright et al., 1983), porque o solo com pouca umidade não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura, e o nitrogênio no interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio aos pontos de crescimento (Wolfe et al., 1988).

### **2.3 Nitrogênio no rendimento das culturas**

A produtividade das culturas pode ser influenciada por diversos fatores, entre os quais, o modo de aplicação de fertilizantes e a quantidade utilizada. Além disso, a intensificação dos cultivos e o aspecto econômico requerem maior eficiência e controle nas aplicações de fertilizantes e água (Shani, 1981). Dentre os elementos que influenciam o desenvolvimento das plantas, o nitrogênio é de vital importância e, embora seja o mais abundante na natureza, representando cerca de 78% da composição do ar atmosférico, este sob forma gasosa não estando disponível para a maioria das plantas (Neves, 1981). De acordo com Silva (1998), o pimentão tem uma larga adaptabilidade de cultivo, sendo, porém, exigente em nutrientes; dentre estes, destaca-se o nitrogênio como o mais importante, pois é capaz de estimular o crescimento vegetativo e produção de biomassa, podendo, por esse motivo, quando

fornecido em altas quantidades, atrasar o florescimento e a frutificação. A aplicação de nitrogênio também influencia o desenvolvimento radicular das plantas de pimentão, aumentando o número e comprimento das raízes.

De acordo com Faquin (1994), a planta necessita cerca de 90 % de N na forma orgânica para assim desempenhar suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas. Os aminoácidos livres dão origem a outros aminoácidos, as proteínas (também enzimas e coenzimas) são precursores de hormônios vegetais (AIA e etileno), núcleos porfirínicos (clorofila e citocromo) e reserva de N nas sementes. As bases nitrogenadas dão origem aos nucleosídeos, nucleotídeos, ácidos nucleicos (DNA e RNA), ATP e coenzimas (NAD e o NADP).

O parcelamento da aplicação de nitrogênio se faz necessário em função da baixa exigência inicial das culturas; as anuais devem receber, no plantio, apenas uma fração da dose de nitrogênio, aplicando-se o restante sobre o solo, ao lado da planta, no período de sua maior exigência (Malavolta, 1980). Pinto et al.(1993) observaram que aplicações mais freqüentes e em menores quantidades de nutrientes contribuem para reduzir suas perdas, aumentar a eficiência do uso dos fertilizantes e promover o aumento da produtividade e qualidade dos frutos.

A principal característica de deficiência de nitrogênio nas plantas é quando nas folhas mais velhas aparece uma clorose; as mais novas, inicialmente se mantêm verdes, em consequência da redistribuição (Faquin, 1994).

Uma aplicação errônea de fertilizantes químicos, principalmente nitrogênio, na tentativa de maximizar a produção, é capaz de deixar em alguns casos a planta com baixa resistência a ataques de pragas e doenças bem como, favorecer a contaminação dos lençóis freáticos, salinizar os solos e torna-los improdutivos.

## **2.4 O Cultivo em Ambiente Protegido**

O início do cultivo protegido no Brasil data da década de 60, sendo este sistema de cultivo sob estufas introduzido, principalmente, por imigrantes holandeses e japoneses, que tinham em seus países as estufas como uma ferramenta de proteção contra o frio. De início, as estufas foram utilizadas apenas para o cultivo de flores, passando essa nova tecnologia a despertar interesse e

adaptações, para outros cultivos, com grande disseminação no final da década de 80, principalmente no Estado de São Paulo.

De acordo com Nanneti & Souza (1998), dentre as culturas utilizadas em ambiente protegido, o pimentão destaca-se pela qualidade de seus frutos, em função diretamente de uma produção satisfatória e, por apresentar longevidade neste tipo de ambiente, atinge um período de crescimento de colheita de até 6 meses, caracterizando-se ainda por sua vegetação intensa.

Martins & Peil (1995) estimam que com a plasticultura implantada em 20% da área cultivada a campo e com as espécies olerícolas adaptadas a esta tecnologia, poder-se-ia triplicar o rendimento de tais culturas, assim como estender o seu cultivo em um maior número de vezes por ano, contribuindo para um aumento entre 10 a 20% da produção total de hortaliças do País.

Embora tenham ocorrido grandes avanços tecnológicos no cultivo protegido, ainda é uma tecnologia restrita a poucos produtores, por exigir investimentos iniciais elevados para a aquisição dos materiais necessários. Porém, é uma técnica viável para a produção de hortaliças no Brasil, sendo seu custo compensado por vantagens, como: economia de insumos, possibilidade de controle da climatização do ambiente, redução de mão-de-obra e melhoria no rendimento e qualidade dos produtos, tornando-os mais competitivos no mercado consumidor.

## **2.5 Indicadores fisiológicos do estado hídrico das plantas**

As reações das plantas à falta de água no solo são manifestadas por alterações fisiológicas, as quais ocorrem bem antes que os sintomas possam ser percebidos visualmente. Portanto, é importante que o momento do início do déficit hídrico seja monitorado de forma rápida e eficiente, a fim de que a falta de água não venha prejudicar o pleno desenvolvimento da cultura, uma vez que a água é essencial para manutenção da turgidez necessária para expansão e crescimento da célula (Macedo Júnior, 1993).

Os indicadores fisiológicos determinantes de um monitoramento mais eficaz do estado hídrico estão associados diretamente à relação água-solo-planta-atmosfera; devem ser analisados desde a zona radicular até a parte aérea, podendo-se considerar, dentre eles, a resistência ao fechamento ou abertura dos estômatos, taxa transpirativa das plantas, temperatura e potencial hídrico foliar, além

de características associadas aos mesmos, como altura de planta, diâmetro de caule e matéria seca de raízes, etc. (Reis, 2002).

Os organismos sob estresse atravessam uma sucessão de fases características: o início do distúrbio é seguido pela perda da estabilidade das estruturas (proteínas, biomembranas, etc) e das funções vitais (processos bioquímicos e metabolismo energético); caso perdure o fator de estresse, há resposta da planta em forma de processos adaptativos, esta é a fase de aclimatação. Todavia, todo o processo requer gasto energético, resultando, na melhor das hipóteses, em redução do crescimento. Caso a intensidade e/ou duração do estresse supere a capacidade de adaptação da planta, geralmente ocorre um estado de exaustão, podendo resultar em morte da planta (Larcher, 2000).

A expansão ou alongamento celular é um processo dependente do turgor, portanto, é extremamente sensível ao déficit hídrico. Ou seja, a diminuição do turgor causa diminuição da taxa de crescimento, sendo também verdadeiro o inverso. A inibição do alongamento celular ocasionada pelo estresse hídrico leva a uma redução da velocidade de expansão foliar. Isto, de certa forma, aumenta a eficiência de uso de água pela planta, porque diminui a perda de água por transpiração, de modo que a umidade no solo pode ser usada por um período mais longo. Então, além do efeito do estresse hídrico, a redução da expansão foliar, também pode ser considerada como uma primeira resposta da planta contra a seca (Taiz & Zeiger, 2002).

Outros indicadores do estado hídrico da planta são: senescência e abscisão foliar, aumento da camada cerosa na cutícula foliar, fechamento estomático, limitação da fotossíntese, alterações no sistema radicular, dentre outros (Taiz & Zeiger, 2002), fatores estes que o pesquisador devem observar, para que as plantas não venham a diminuir sua capacidade produtiva, e com isso, minimizar seus lucros.



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área do experimento**

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (casa de vegetação), pertencente à coordenação de Recursos Hídricos/Irrigação do Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC Sobral, Campus CIDAIO, na cidade de Sobral, situada na região Norte do Estado do Ceará, sob coordenadas geográficas de 3°41'03" de latitude sul, 40°20'24" de longitude oeste de Greenwich e altitude aproximada de 70 m.

A casa de vegetação é do tipo capela, construída em estrutura de alvenaria e madeira, com orientação no sentido leste-oeste, possuindo 14 m de comprimento, 7 m de largura e altura do pé direito de 3,5 m, totalizando uma área experimental de 98 m<sup>2</sup>; a cobertura é de vidro e com fachadas laterais e frontais cobertas de tela de citricultura, com tratamento anti-UV e com rodapé de alvenaria de 0,4 m de altura.

Conforme classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw', quente, com chuvas de verão e máximas em outono. São dados climáticos da região: temperaturas máximas variando de 36°C em outubro e 31,2°C em maio, e mínimas entre 23,2°C em dezembro e 21°C em julho; as chuvas são da ordem de 833 mm anuais, ocorrendo cerca de 800 mm de janeiro a junho e, 33 mm de julho a dezembro e a umidade relativa média anual é de 68,42% (Brasil, 1990).

#### **3.2 Material de solo e substrato**

O material de solo foi proveniente de um Latossolo, coletado da camada superficial (0 – 20 cm, de uma área localizada no município de Sobral), destorroado, homogeneizado, passado em peneira com malha igual a 5 mm e posto para secar ao ar em camada de 5 cm. Após este procedimento, foram realizadas, no laboratório de Solos do Instituto Centro de Ensino Tecnológico -CENTEC, análise da água para irrigação e análises químicas e físicas do solo (EMBRAPA, 1997), expondo-se nas Tabelas 1, 2 e 3 seus respectivos resultados .

Com a finalidade de melhorar a porosidade e fertilidade do solo, foram adicionados 25% de substrato orgânico de nome comercial Plantagro, e 50% de

areia média de rio lavada, fazendo-se análises químicas e físicas do novo substrato, cujos resultados estão nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 1: Resultado da análise de água utilizada na Irrigação. CENTEC, Sobral-CE, 2004.

Características	Resultados
Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,35
Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,35
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	1,41
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,14
Soma de Cátions (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	2,25
Cl <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,55
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,08
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	1,47
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	0,00
Soma de Ânions (mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup> )	2,10
CE - Condutividade Elétrica	0,22
RAS	2,39
pH	7,5
Sólidos Dissolvidos (mg.L <sup>-1</sup> )	121
Classificação	C1-S1

Tabela 2: Dados da análise química do solo antes e depois da incorporação do substrato. CENTEC, Sobral-CE, 2004.

Características	Resultados	
	Antes	Depois
Carbono (g.Kg <sup>-1</sup> )	7,5	11,4
Matéria Orgânica (g.Kg <sup>-1</sup> )	12,93	19,65
pH	6,8	6,5
Fósforo (mg.dm <sup>-3</sup> )	117 (muito alto)	389 (muito alto)
Potássio (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	3,6 (alto)	12,37 (alto)
Cálcio (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	96 (alto)	113 (alto)
Magnésio (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	34 (alto)	48 (alto)
Sódio (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,77	4,82
Alumínio (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	0,5	0,0
Hidrogênio + Alumínio (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	11,6	11,2
SB - Soma de bases (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	134,4	178,2
CTC (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	145,9	189,7
V (%) - Saturação por Bases	92	94
PST (%)	1	3
m (%) - Saturação por Alumínio	0	0
Condutividade Elétrica (dS.m <sup>-1</sup> )	0,25	1,1

Extratores: P, Na e K- Mehlich; Ca, Mg e Al -KCl; H+Al-Acetato de Cálcio. pH-água(1:2,5)

Tabela 3: Análise Física do Solo antes e depois da incorporação do substrato. CENTEC, Sobral-CE, 2004.

Características	Resultados	
	Antes	Depois
Areia Grossa (g.Kg <sup>-1</sup> )	59	232
Areia Fina (g.Kg <sup>-1</sup> )	637	420
Silte (g.Kg <sup>-1</sup> )	232	269
Argila (g.Kg <sup>-1</sup> )	72	79
Argila Natural (g.Kg <sup>-1</sup> )	48	55
Classificação Textural	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Grau de Floculação (g.Kg <sup>-1</sup> )	34	31
Densidade do solo (g.cm <sup>-3</sup> )	1,49	1,18
Densidade de partículas (g.cm <sup>-3</sup> )	2,67	2,44

No experimento foram utilizados 80 vasos plásticos com capacidade para 15 L, os quais foram preenchidos com o substrato. O conjunto (vaso + substrato) foi pesado e mantido com um peso de 14 Kg para todos os vasos.

Cada vaso foi colocado sobre 1 tijolo de 8 furos com dimensões de 20 x 20 x 10 cm, apoiados diretamente sobre o piso de terra batida da casa de vegetação.

Após a colocação dos vasos em seus devidos lugares, foram os mesmos saturados com o auxílio do próprio sistema de irrigação, sendo que as lâminas foram adicionadas em pulsos, ou seja, aplicou-se 1 min de irrigação e após 20 min de repouso era aplicado mais 1 min e, assim, sucessivamente, até iniciar-se a percolação. A seguir adicionou-se na superfície dos vasos uma camada de 1 cm de bagana de carnaúba, permanecendo assim por 5 dias, ocasião em que se procedeu ao transplântio.

### 3.3 Cultura e práticas adotadas

Foi utilizado o híbrido Magali R de pimentão (*Capsicum annuum L.*), com frutos de formato retangular e coloração verde/vermelha.

As mudas foram preparadas por um produtor da região, em bandejas de isopor com 126 células, preenchidas com substrato comercial, colocando uma semente por célula.

Os tratos culturais foram realizados manualmente e de acordo com a necessidade.

### 3.4 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos corresponderam a 4 lâminas de irrigação, baseadas na evaporação do Tanque Classe A (ECA) (50% da ECA, 75% da ECA, 100% da ECA e 125% da ECA) e a 4 níveis de nitrogênio (0%, 50%, 75% e 100% da dose recomendada por Fernandes, 1993). Cada unidade experimental foi formada por um recipiente com uma planta. Na Figura 1 observa-se uma vista geral do experimento e na Tabela 4 estão os tratamentos aos quais as plantas foram submetidas. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, com 5 repetições.



Figura 1: Vista geral do experimento

Tabela 4: Tratamentos testados, resultantes da combinação entre lâminas de irrigação e taxas de evaporação do tanque classe A (ECA).

<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>“CORRESPONDÊNCIA”</b>
L1 N1	Lâmina 50% da ECA e 0% da dose de Nitrogênio
L1 N2	Lâmina 50% da ECA e 50% da dose de Nitrogênio
L1 N3	Lâmina 50% da ECA e 75% da dose de Nitrogênio
L1 N4	Lâmina 50% da ECA e 100% da dose de Nitrogênio
L2 N1	Lâmina 75% da ECA e 0% da dose de Nitrogênio
L2 N2	Lâmina 75% da ECA e 50% da dose de Nitrogênio
L2 N3	Lâmina 75% da ECA e 75% da dose de Nitrogênio
L2 N4	Lâmina 75% da ECA e 100% da dose de Nitrogênio
L3 N1	Lâmina 100% da ECA e 0% da dose de Nitrogênio
L3 N2	Lâmina 100% da ECA e 50% da dose de Nitrogênio
L3 N3	Lâmina 100% da ECA e 75% da dose de Nitrogênio
L3 N4	Lâmina 100% da ECA e 100% da dose de Nitrogênio
L4 N1	Lâmina 125% da ECA e 0% da dose de Nitrogênio
L4 N2	Lâmina 125% da ECA e 50% da dose de Nitrogênio
L4 N3	Lâmina 125% da ECA e 75% da dose de Nitrogênio
L4 N4	Lâmina 125% da ECA e 100% da dose de Nitrogênio

### 3.5 Croqui da área do experimento

Figura 2

### 3.6 Transplântio das mudas

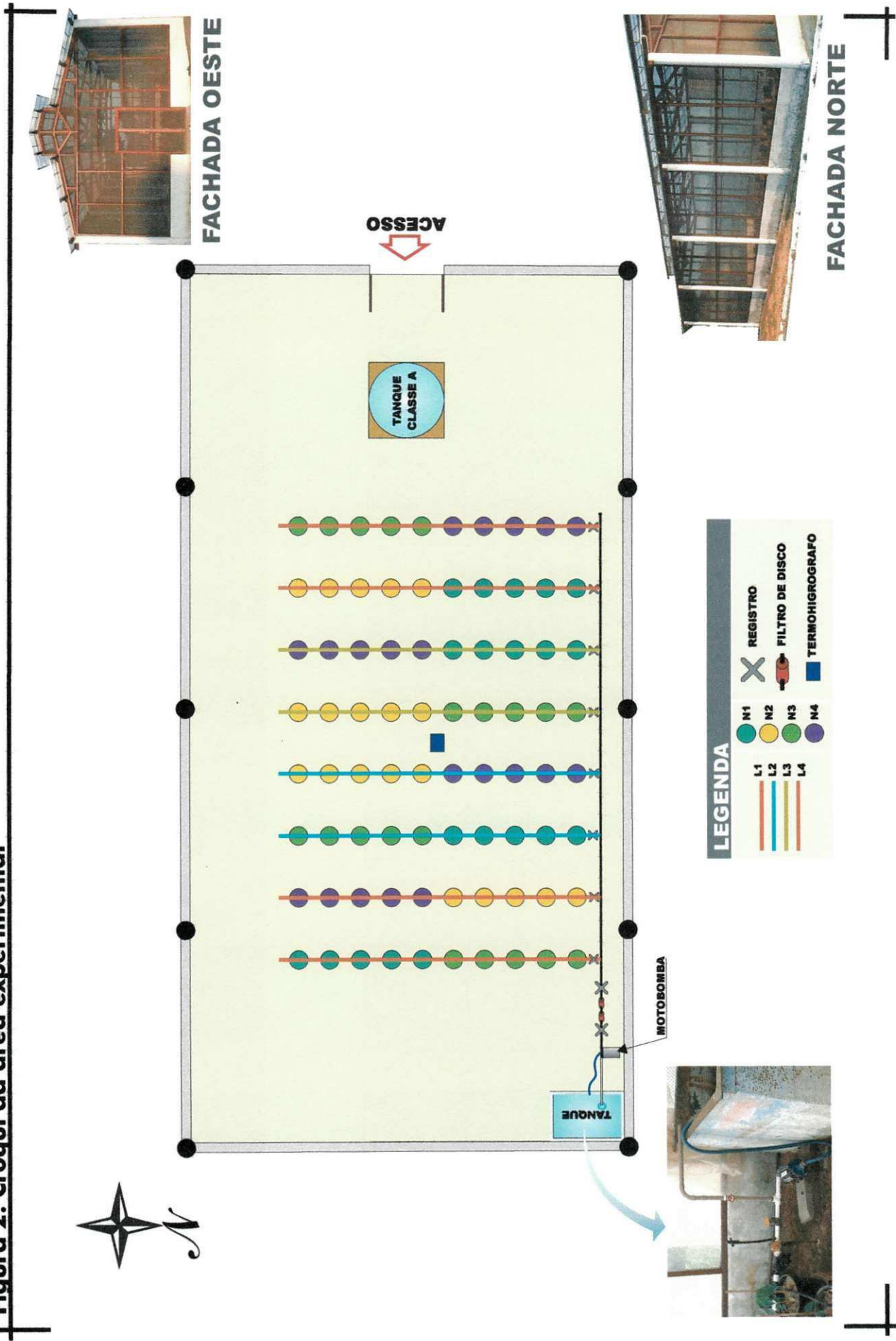
As mudas foram transplantadas para os vasos, quando estavam com dois a três pares de folhas verdadeiras, colocando-se uma planta por recipiente.

Após o transplântio, as plantas foram irrigadas por 15 dias, com a mesma lâmina de água (100% da ECA) de forma a favorecer o pegamento das mudas e replântio.

### 3.7 Desbrota

Eliminaram-se todas as brotações laterais abaixo da primeira bifurcação. Acima desta não foi feito desbaste. No período da floração foram eliminados todos os botões florais situados na primeira bifurcação, conforme recomendação de Nannetti & Souza (1998).

Figura 2: Croqui da área experimental





### 3.8 Tutoramento

Com a finalidade de auxiliar na sustentação das plantas e frutos, bem como facilitar os tratos fitossanitários, foi fincado, dentro de cada vaso, previamente ao transplante, um tutor de aproximadamente 2 cm de diâmetro e 150 cm de altura, onde foram amarrados, com fitilhos plásticos, os ramos e frutos.

### 3.9 Controle de Pragas e Doenças

As principais pragas detectadas durante o experimento foram a Mosca Branca, Ácaro Branco e Cochonilha, foram controladas por ocasião do seu aparecimento, através de pulverizações com os inseticidas Deltamethrin, Enxofre e Azocyclotin, e óleo mineral.

Não houve necessidade de pulverizações para o controle de doenças, por não terem sido detectadas.

### 3.10 Adubação

As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas segundo Fernandes (1993). As quantidades de nutrientes utilizados foram as seguintes: 3,22 g/planta de  $K_2O$  (Plantio: 1,3 g/planta, 30 DAT: 0,96 g/planta e 45 DAT: 0,96 g/planta), 4,8 g/planta de  $P_2O_5$  (plantio), 0; 3,04; 4,56 e 6,08g/planta de N para os tratamentos N1, N2, N3 e N4 respectivamente (parcelados aos 30, 45 e 60 DAT).

Foram realizadas pulverizações foliares de cálcio quinzenalmente, a partir do início da floração, como medida de fornecer Ca e evitar a podridão apical.

Tabela 5: Fertilizantes utilizados como fontes dos nutrientes

Fertilizantes	Fontes
Uréia	45% de N
Cloreto de Potássio	60% de $K_2O$
Super Fosfato Simples	17% de $P_2O_5$ ; 19% de Ca; 12% de S
Vitaphol	15% de Ca

### 3.11 Manejo e controle da irrigação

A água utilizada para irrigação, proveniente do sistema de abastecimento da cidade, foi derivada de um reservatório com capacidade para 2.000 litros, com abastecimento constante durante a aplicação. O sistema de irrigação foi acionado por um conjunto moto-bomba com vazão de  $3,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , sendo instalado um sistema de retorno d'água, da bomba para o reservatório, com a finalidade de reduzir a vazão da bomba para  $0,09816 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

O sistema de irrigação utilizado foi do tipo localizada por gotejamento, com um emissor por vaso, e operando na pressão de 20 mca com vazão nominal de  $4,0 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ . A uniformidade de emissão dos 80 gotejadores foi de 89,91%, determinada no início da implantação do experimento, conforme metodologia indicada por Merriam & Keller (1978).

Adotou-se um turno de rega de um dia e o volume de água aplicado em cada tratamento foi definido com base no volume de água evaporado do Tanque "Classe A" (Figura 1), instalado no interior da casa de vegetação. O tempo de aplicação da lâmina de irrigação, tomada como controle, foi calculado a partir da equação 1 de Vermeiren & Jobling (1997):

$$TI = \frac{E \times e \times ECA \times Kr}{q \times n} \times K \quad (\text{eq1})$$

onde:

TI = tempo de irrigação (h); E = espaçamento entre linhas (m); e = espaçamento entre plantas (m); ECA = evaporação do Tanque Classe A (mm); Kr = coeficiente de cobertura do solo; q=vazão do emissor ( $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ ); n = número de emissores por planta; K = tratamento aplicado (50, 75, 100, 125%).

Como se trabalhou com vasos, utilizou-se do transplântio até os 48 dias, a área do vaso como o produto do espaçamento, e a partir de então utilizou-se a área média da copa das plantas como espaçamento.

### 3.12 Monitoramento da umidade do ar e da temperatura

Para o monitoramento da temperatura do ar (atual, máxima e mínima) e umidade relativa (atual, máxima e mínima) foi instalado no interior da casa de



vegetação e no centro do experimento a uma altura de 35 cm do solo, um termohigrógrafo da marca FISCHER (Figura 3).



Figura 3: Termohigrógrafo

### **3.13 Colheita**

A colheita de frutos iniciou-se aos 69 dias após o transplântio (DAT) das mudas, prolongando-se por mais 96 dias; foram realizadas semanalmente e às vezes quinzenalmente no período de 27/04/2004 a 30/07/2004, totalizando 12 colheitas, sendo coletados os frutos quando estavam com coloração verde brilhante e com polpa firme.

### **3.14 Variáveis avaliadas**

#### **3.14.1 Altura de plantas**

Houve medição da altura de todas as plantas, do nível do solo até a gema terminal do ramo mais alto, aos 163 DAT.

#### **3.14.2 Número de folhas**

Juntamente com a altura, houve contagem do número de folhas de cada planta, excluídas as secas.

### 3.14.3 Área foliar

Para medição da área foliar, foram escaneadas 150 folhas de pimentão, levando-se, posteriormente, as imagens para o programa Autocad e, então, obtidas as dimensões de largura e comprimento e de área foliar. Com base nos resultados obtidos encontrou-se uma equação (eq. 2) em função do comprimento e largura da folha determinando-se desta forma a área foliar; posteriormente, o resultado do produto comprimento x largura de todas as folhas das plantas em estudo foi aplicado à equação:

$$A = 0,6168X - 0,0386 \quad R^2 = 0,9998 \quad (\text{eq. 2})$$

Onde: A é a área foliar da planta ( $\text{cm}^2$ ), e X é o produto do comprimento pela largura de cada folha da planta ( $\text{cm}^2$ ).

### 3.14.4 Número e peso fresco total dos frutos

O peso fresco total dos frutos, em cada tratamento resultou da soma dos pesos de matéria fresca dos frutos obtidos nas colheitas realizadas durante o experimento, e expressos em g/planta.

O número de frutos foi obtido por contagem individual, em cada planta, no momento da colheita dos mesmos.

### 3.14.5 Comprimento e diâmetro dos frutos

Após a pesagem, foram medidos o comprimento e diâmetro de todos os frutos, utilizando-se de um paquímetro. O diâmetro foi medido na terça parte superior do fruto.

### 3.14.6 Fitomassa dos frutos

Todos os frutos foram levados à estufa com ventilação forçada, com temperatura de  $65^\circ\text{C}$ , por um período de 96 horas, e/ou até atingir peso constante. Após este procedimento, os frutos foram levados a dessecadores de vidro para

esfriarem e só então se fazia a pesagem individual de cada fruto obtendo-se o peso da fitomassa seca.

### **3.14.7 Fitomassa de folhas e caule**

No final do experimento, as folhas de todas as plantas foram separadas do caule e do pecíolo, e o material resultante foi devidamente identificado e colocado em sacos de jornal e levado para estufa com ventilação forçada, com temperatura de 65°C, por um período de 72 horas, e/ou até atingir peso constante. Após este procedimento, cada material foi levado a dessecadores de vidro para esfriarem e só então se fazia a pesagem, obtendo-se o peso seco das folhas e do conjunto caule + pecíolo.

### **3.14.8 Fitomassa do material de desbaste**

Todas as folhas e os materiais de caule + pecíolo que caíram ou foram retirados das plantas, foram recolhidos e devidamente colocados e identificados em sacos de jornal e levado para estufa com ventilação forçada, com temperatura de 65°C, por um período de 72 horas, e/ou até atingir peso constante. Após este procedimento, o material foi levado a dessecadores de vidro para esfriarem e só então se fazia a pesagem, obtendo-se o peso seco das folhas e do conjunto caule + pecíolo.

### **3.14.9 Fitomassa da parte aérea**

A fitomassa da parte aérea foi determinada pelo somatório da fitomassa dos frutos colhidos, folhas, caule, pecíolos e materiais resultantes dos desbastes e das quedas de folhas e frutos.

## **3.15 Eficiência de Uso da Água ( $E_U$ )**

Determinou-se a eficiência no uso da água ( $E_U$ ) dividindo-se o rendimento de frutos, pela lâmina total de água aplicada durante o ciclo da cultura, segundo a equação:

$$E_U = \frac{y}{w} \quad (\text{eq3})$$

Onde:  $y$  = é a produtividade em  $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ;  $w$  = é a lâmina total aplicada em mm.

### 3.16 Análises estatísticas

Os efeitos dos diversos níveis de nitrogênio, das lâminas de irrigação e de suas interações sobre o crescimento e produção do pimentão foram avaliados mediante o teste “F” e análise de regressão polinomial.

Os dados obtidos foram analisados e calculados através do programa de estatística SISVAR versão 4.3.

Devido à ausência de normalidade dos dados e por que as variâncias das diferentes amostras não foram estatisticamente homogêneas, optou-se em transformar em  $\sqrt{x}$  os dados das variáveis AP, AF, NFr, PFF, FC, FFr, sendo esta transformação a que melhor se adequou e validou a análise de variância, como também, apresentou uma maior normalidade dos dados, homogeneidade das variâncias e um CV menor que os dados originais dos respectivos tratamentos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Temperatura e Umidade Relativa do Ar

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar – máximo, médio e mínimo – foram registrados diariamente, durante 24 horas, em papel próprio, e depois foram submetidos a análise (Figuras 4 e 5).

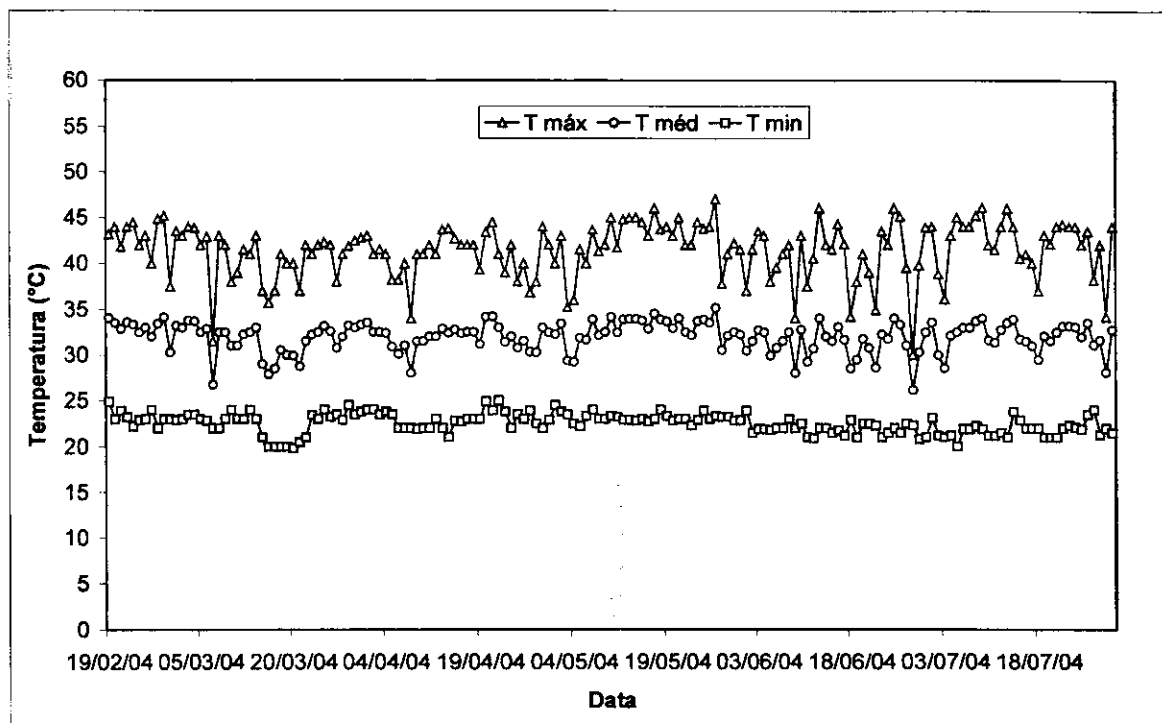


Figura 4: Variação diária da temperatura média do ar no interior da casa de vegetação

Pode-se observar que a temperatura média do ar, durante todo o experimento, oscilou entre 26 e 35°C, com temperaturas máximas entre 36°C e 45°C, e mínimas entre 21 e 25°C.

Contatou-se floração prematura, com 50% das plantas com botões florais a partir de 30 DAT, mas com elevada queda de flores neste período, possivelmente devido às altas temperaturas (entre 36 e 45°C); conforme afirmado por Sganzerla (1995) e Tivelli (1998), temperaturas elevadas podem promover maior produção de flores, aumento da superfície foliar e maior altura de plantas, porém podem acarretar maior percentagem de queda de flores; na floração, a temperatura ótima é de 25°C e a máxima tolerada pela cultura de 35°C, ou seja, durante a floração as plantas não

devem ser expostas a temperaturas maiores que 35°C, mesmo que seja por algumas horas, sob o risco de apresentarem baixa produtividade. Já as baixas temperaturas promovem um lento desenvolvimento vegetativo para as plantas de pimentão acarretando queda de produtividade.

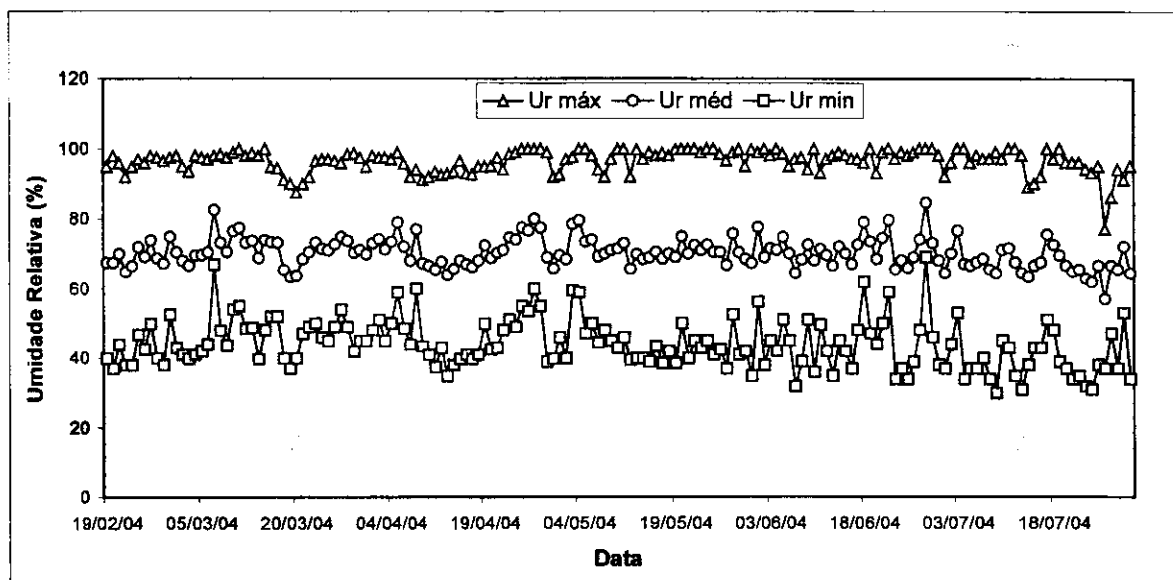


Figura 5: Variação diária da umidade relativa média do ar no interior da casa de vegetação.

Observou-se também que os valores máximos de umidade relativa (entre 86 e 98%) e mínimos (entre 37 e 55%), que predominaram durante todo o experimento, estavam fora dos limites tolerados pela cultura (50 a 70%), fato este que pode ter ocasionado a queda prematura e a formação de frutos defeituosos, conforme constatado por Tivelli (1998).

A produtividade máxima registrada no presente trabalho foi de 15,013 t.ha<sup>-1</sup>, produtividade inferior à citada na literatura para o cultivo do pimentão em ambiente protegido (entre 50 e 60 t.ha<sup>-1</sup>), no entanto pesquisadores como Carvalho et al. (2001), Rezende (2001) e Reis (2002), obtiveram produções semelhantes à deste experimento quando trabalhavam com a cultura em ambiente protegido sob temperaturas e umidade relativa do ar fora dos limites tolerados pela cultura.

#### 4.2 Lâminas Aplicadas

Durante todo o experimento, foram realizadas, diariamente, leituras no tanque classe A, e através delas era determinada a lâmina de água a ser aplicada em cada

tratamento (L1, L2, L3 e L4). Seus respectivos valores acumulados estão expressos na Figura 6, onde se observa que, no final do experimento, as lâminas aplicadas foram L1= 215,97 mm, L2 = 323,96 mm, L3 = 431,94 mm e L4 = 539,93 mm, correspondendo aos volumes acumulados de 26,17 L/planta, 39,25 L/planta, 52,33 L/planta e 65,42 L/planta, respectivamente para os tratamentos L1, L2, L3 e L4.

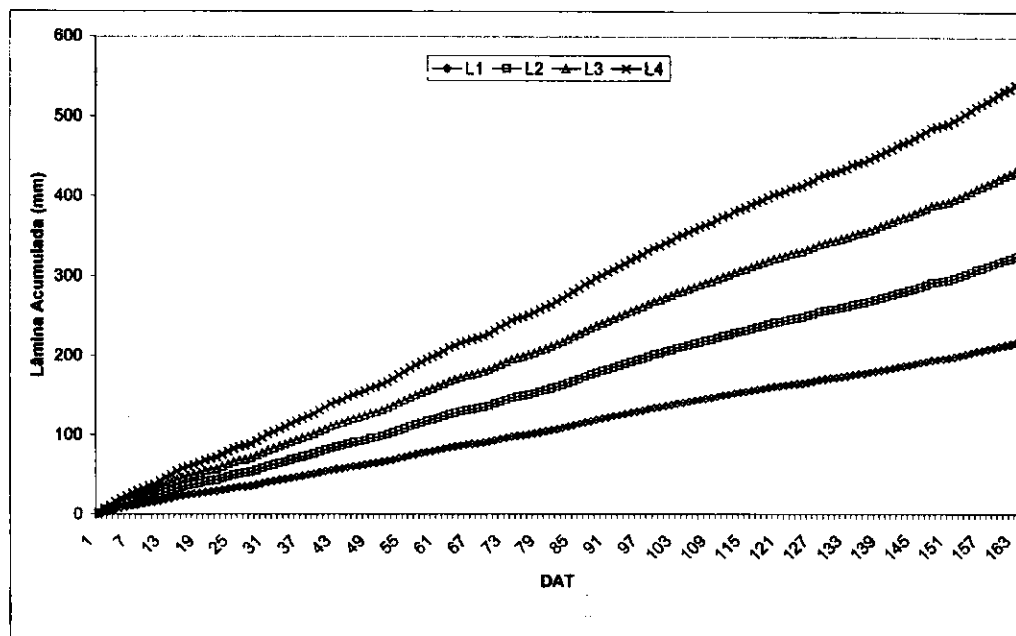


Figura 6: Lâminas de irrigação acumulada durante o experimento

Verificou-se também que, no período correspondente aos horários mais quentes do dia (13:00 às 15:00 hs), os tratamentos que receberam as lâminas L1 e L2 eram os primeiros a murcharem, seguidos posteriormente, pelos tratamentos L3 e L4. No entanto, logo que eram aplicadas as respectivas lâminas de irrigação, as plantas dos tratamentos L3 e L4 voltavam rapidamente ao seu estado de turgidez, seguidas pelas plantas do tratamento L2, porém, as plantas do tratamento L1, só conseguiam se recuperar no final da noite, onde provavelmente, a elevada umidade relativa do ar e as temperaturas amenas, registradas diariamente, auxiliavam neste processo; no tratamento L1, constatou-se murchamento de frutos e maior queda de flores que nos demais tratamentos.

Observou-se, durante a condução do experimento, valor médio da evaporação diária do tanque Classe A de 2,65 mm, com valores mínimos de 1,04 mm e máximos de 3,68 mm; estes valores de evaporação são bem inferiores aos encontrados fora da casa de vegetação (entre 6,5 e 8 mm), no entanto, vários autores atribuem este fato, principalmente, à parcial opacidade do plástico ou vidro à

radiação solar e à redução da ação dos ventos; esses são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera, embora a temperatura e a umidade relativa, em alguns momentos possam ser, respectivamente, maior ou menor no interior da estufa do que no ambiente externo, o que contribuiria para maior evapotranspiração. Martins et al. (1994), citados por Rezende (2001) encontraram uma evapotranspiração entre 20 e 30% menor em ambiente protegido que a ocorrida nos cultivos em campo aberto.

### 4.3 Avaliação do Crescimento

Na Tabela 6 observa-se o resumo de ANAVA para as variáveis altura de planta, número de folhas e área foliar em função dos tratamentos.

Tabela 6: Resumo de ANAVA e médias para altura de planta (AP), número de folhas (N<sup>o</sup>) e área foliar (AF), em função dos tratamentos.

Causa de Variância	Quadrado Médio		
	AP <sup>1</sup>	N <sup>o</sup>	AF <sup>1</sup>
<b>Lâmina de Irrigação (L)</b>	3,007**	250,212**	354,30**
Reg. Pol. Linear			
Reg. Pol. Quadrática	Desdobramento	Desdobramento	Desdobramento
Desv. Reg.	na Tabela 7	na Tabela 8	na Tabela 9
<b>Nível de Nitrogênio (N)</b>	24,929**	38334,245**	2512,929**
Reg. Pol. Linear			
Reg. Pol. Quadrática	Desdobramento	Desdobramento	Desdobramento
Desv. Reg.	na Tabela 7	na Tabela 8	na Tabela 9
L x N	3,010**	1166,045**	150,708**
CV (%)	3,68	6,57	3,05
	<b>Médias</b>		
	cm	N <sup>o</sup>	Cm <sup>2</sup>
<b>Lâmina de Irrigação (L)</b>			
L1 (50%)	10,17	103,65	41,54
L2 (75%)	10,12	102,60	40,20
L3 (100%)	10,96	110,30	46,98
L4 (125%)	10,53	107,40	36,86
<b>Nível de Nitrogênio (N)</b>			
N1 (0%)	8,82	45,35	25,73
N2 (50%)	10,97	102,70	40,85
N3 (75%)	10,65	134,85	49,34
N4 (100%)	11,34	141,05	49,66

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .



### 4.3.1 Altura das plantas

Conforme Tabela 6, a altura de plantas foi significativamente influenciada ( $p < 0,01$ ) na última avaliação realizada, tanto pelos fatores lâminas de água e níveis de nitrogênio quanto para a interação entre os fatores. As análises foram efetuadas com base nos dados transformados em  $\sqrt{x}$ , visto não haver normalidade em sua distribuição e devido à ausência de homogeneidade das variâncias dos respectivos tratamentos (Ferreira, 2000).

De acordo com os estudos de regressão (Tabela 7) observa-se que a maior altura média de planta foi de 12,12 cm no tratamento L3N3. Nos tratamentos onde não se aplicou nitrogênio (N1) ocorreu um pequeno acréscimo de altura, à medida que se aumentou a lâmina de água aplicada, sendo seu efeito quadrático. Exceção feita para o tratamento L4N1 onde se verifica um declínio de 6,86% na altura das plantas comparado com o tratamento L3N1, o que se deve, provavelmente, a uma maior perda de nitrogênio por lixiviação.

Tabela 7: Desdobramento da interação (L x N) para altura de planta (AP), com as respectivas médias.<sup>1</sup>

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		2,66**	0,06ns	4,17**	0,008ns
Reg. Pol. Quadrática		0,86*	0,012ns	0,36ns	2,18**
Desv. Reg.		1,99**	1,03*	22,13**	0,63*
<b>L em N</b>		<b>Médias (cm)</b>			
L1 (50%)		8,27	10,82	10,64	10,96
L2 (75%)		8,44	11,22	8,89	11,92
L3 (100%)		9,62	10,66	12,12	11,42
L4 (125%)		8,97	11,16	10,92	11,06
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		19,54**	18,67**	13,04**	12,01**
Reg. Pol. Quadrática		3,94**	0,003ns	1,07**	3,78**
Desv. Reg.		0,88*	25,05**	3,20**	0,67*
<b>N em L</b>		<b>Médias (cm)</b>			
N1 (0%)		8,27	8,44	9,62	8,97
N2 (50%)		10,82	11,22	10,66	11,16
N3 (75%)		10,64	8,89	12,12	10,92
N4 (100%)		10,96	11,92	11,42	11,06

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Na Figura 7, pode-se observar que para cada lâmina a altura de planta teve tendência de aumento com o aumento da dose de N; isto se deve principalmente, devido ao nitrogênio aumentar o crescimento celular, uma vez que este elemento é o principal componente de proteínas e controlador da absorção de potássio, fósforo e outros nutrientes pela planta (Taiz e Zeiger, 2002), ainda com referência a Figura 7, podemos afirmar que as equações representadas por linhas pontilhadas, embora tenham apresentado significância de 0,01, não devem ser aplicadas por não apresentarem um bom ajuste e baixo CV.

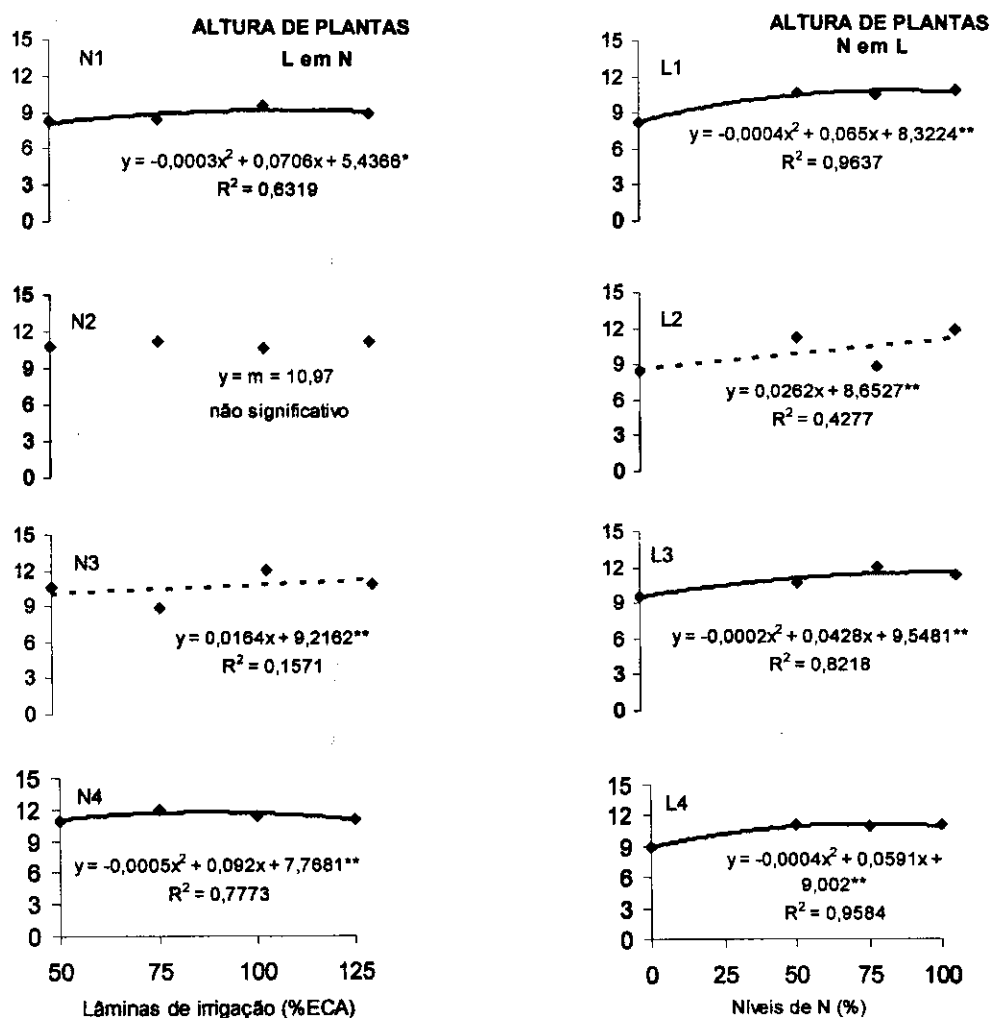


Figura 7: Desdobramento da interação L x N para os dados de altura de planta (cm).

Na Figura 8, mostram-se algumas plantas com deficiência de nitrogênio (verde claro) ao lado de plantas com reposição de nitrogênio (verde escuro). A maior diferença verificada entre as alturas (141,23%) ocorreu na lâmina L2 entre os níveis de nitrogênio N1 e N4.

Utilizando-se de dados não transformados, a maior altura média de planta foi de 142,20 cm no tratamento L3N3, sendo que aos 54 DAT, a maioria das plantas apresentava altura entre 50 e 80 cm, valores estes, considerados normais pelos pesquisadores Figueira (2003), Sganzerla (1995), Tivelli (1998); no entanto, os mesmos autores comentam que temperaturas elevadas podem resultar em maior crescimento de plantas em altura, fato este observado no final do experimento, pois a maioria das plantas estava com altura superior a 80 cm.



Figura 8: À direita plantas com deficiência de nitrogênio, e à esquerda plantas com aplicação integral de nitrogênio.

#### 4.3.2 Número de folhas

Deve-se ressaltar, inicialmente, que aos 115 DAT ocorreu um problema de fitotoxidez nas plantas de todos os tratamentos, por aplicação de óleo mineral, no combate à cochonilha, com abscisão de muitas folhas, no entanto, isto não foi empecilho para a continuação do experimento, tendo em vista que não houve perdas de plantas e frutos, e devido às plantas terem se recuperado rapidamente.

Na Tabela 6, pode-se observar, que embora tenha havido abscisão foliar, na última avaliação de número de folhas houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ), tanto para os fatores isoladamente como para a interação entre eles. O nitrogênio teve grande influência sobre o número de folhas, o que se deve, segundo Faquin (1994), à importância deste nutriente no desenvolvimento das plantas, por ser necessário para a síntese de clorofila e envolvido na fotossíntese, principal forma de utilizar a luz do sol como fonte de energia.

Tabela 8: Desdobramento da interação (L x N) para número de folhas (N<sub>Fo</sub>), com as respectivas médias.

Fonte de variação		Quadrado médio			
L em N	N1	N2	N3	N4	
Reg. Pol. Linear	1135,69**	179,56ns	4186,09**	42,25ns	
Reg. Pol. Quadrática	120,05ns	540,80**	42,05ns	2398,05**	
Desv. Reg.	9,61ns	852,64**	1232,01**	506,25**	
L em N	Médias				
L1 (50%)	57,60	106,80	120,40	129,80	
L2 (75%)	47,20	87,40	116,40	159,40	
L3 (100%)	38,60	107,60	150,40	144,60	
L4 (125%)	38,00	109,00	152,20	130,40	
Fonte de variação		Quadrado médio			
N em L	L1	L2	L3	L4	
Reg. Pol. Linear	14839,61**	32422,42**	36316,80**	30123,52**	
Reg. Pol. Quadrática	630,92**	1135,35**	2147,78**	4639,09**	
Desv. Reg.	4,01ns	26,62ns	1198,80**	2012,18**	
N em L	Médias				
N1 (0%)	57,60	47,20	38,60	38,00	
N2 (50%)	106,80	87,40	107,60	109,00	
N3 (75%)	120,40	116,40	150,40	152,20	
N4 (100%)	129,80	159,40	144,60	130,40	

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

O desdobramento da interação L em N e N em L, bem como suas respectivas médias de número de folhas, para a última avaliação, encontram-se na Tabela 8, onde se verifica que o maior valor (159,40) foi obtido quando se aplicou a lâmina de irrigação L2 (75% da ECA) e a dose integral de nitrogênio. Isto pode ter ocorrido devido a um melhor aproveitamento deste nutriente associado à lâmina de água aplicada, uma vez que não ocorreram lixiviações nos vasos, em decorrência da quantidade de água aplicada. Nota-se, também, que nos tratamentos sem aplicação de nitrogênio o número de folhas tendeu a diminuir com o aumento das lâminas, e com aplicação de nitrogênio o número de folhas tendeu a aumentar com o aumento

das lâminas de irrigação nos tratamentos; faz-se exceção à L4N4, onde se verifica uma queda do número de folhas, que pode ser provavelmente, devido este tratamento ter sofrido maior sensibilidade a fitotoxidez.

Observa-se, na Figura 9, que dentro do tratamento L1 o aumento do número de folhas entre N1 e N4 foi da ordem de 125,34% e para L3 o aumento entre N1 e N4 foi de 274,61%, ressaltando-se a importância do nitrogênio na emissão foliar.

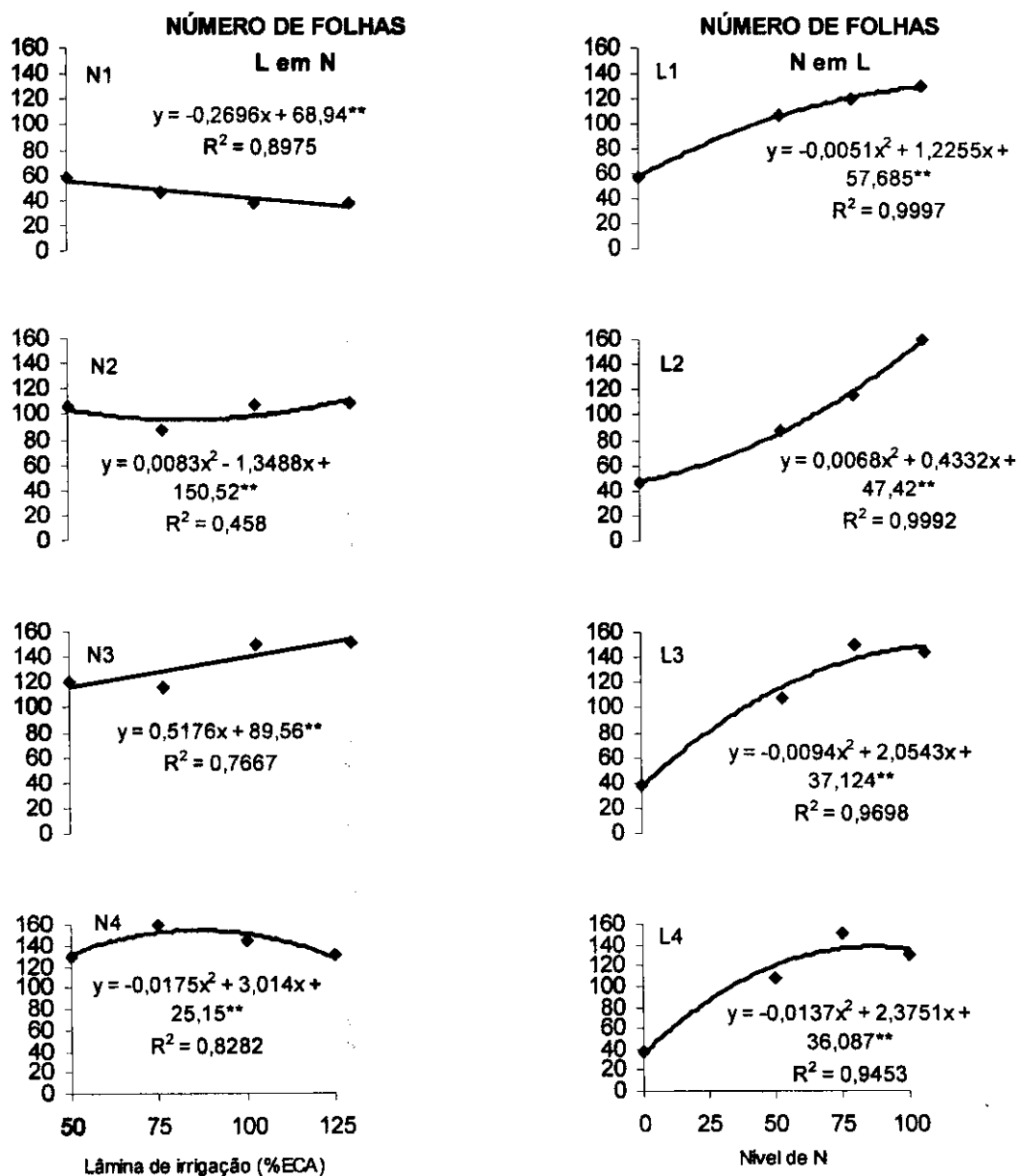


Figura 9: Desdobramento da interação L x N para os dados de número de folhas (Nº).

### 4.3.3 Área foliar

Verificou-se efeito significativo em nível de 1% de probabilidade para os fatores avaliados e para sua interação (Tabela 6). Conforme estudos de regressão, o efeito foi quadrático para o desdobramento L em N e N em L, exceção feita apenas para L em N1, cujo efeito foi linear.

Tabela 9: Desdobramento da interação (L x N) para área foliar (AF), com as respectivas médias.<sup>1</sup>

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		124,53**	189,17**	168,08**	6,77*
Reg. Pol. Quadrática		0,03ns	130,69**	198,49**	183,32**
Desv. Reg.		128,13**	299,55**	912,63**	77,87**
<b>L em N</b>		<b>Médias (cm<sup>2</sup>)</b>			
L1 (50%)		30,17	44,15	45,31	46,53
L2 (75%)		23,49	39,59	42,13	55,59
L3 (100%)		28,05	47,22	62,84	49,78
L4 (125%)		21,21	32,44	47,05	46,73
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		760,47**	2499,21**	2011,34**	2142,17**
Reg. Pol. Quadrática		108,91**	14,80**	640,87**	6,85*
Desv. Reg.		6,34*	87,37**	437,52**	179,25**
<b>N em L</b>		<b>Médias (cm<sup>2</sup>)</b>			
N1 (0%)		30,17	23,49	28,05	21,21
N2 (50%)		44,15	39,59	47,22	32,44
N3 (75%)		45,31	42,13	62,84	47,05
N4 (100%)		46,53	55,59	49,78	46,73

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Constatou-se que a maior área foliar (62,84cm<sup>2</sup>) foi atingida quando se utilizou a lâmina 3, associada com o nível N3 (Tabela 9), e que menores valores foram obtidos na combinação entre a maior lâmina e o menor nível de nitrogênio, uma demonstração de que o uso adequado de água, associado a uma quantidade satisfatória de nitrogênio, são fatores que podem influenciar significativamente na área foliar, aumentando, desta forma, a capacidade fotossintética da planta e protegendo os frutos de injúrias causadas pelo ambiente, como exemplo os raios solares.

Maior quantidade de água (L4) associada a maior quantidade de nitrogênio (N4) não resultou em maior área foliar, provavelmente devido a uma maior produção de frutos neste tratamento, e/ou a uma maior perda de nutrientes por lixiviação; no entanto, para esta interação, a área foliar pode ter apresentado uma melhor qualidade, comparada a tratamentos submetidos ao déficit de água e nutriente, pois estes podem não ter sido significativos no momento do estabelecimento da área foliar e sim no momento de maior demanda por água e nutrientes, ou seja, florescimento e frutificação.

De acordo com o desdobramento da interação (L x N), observa-se (Figura 10.a) que houve, para todos os níveis de N, uma tendência de aumento de área foliar para os tratamentos irrigados com a lâmina L3 (100%ECA), sendo que para o desdobramento L em N3, a equação matemática embora significativa, só explica 28,68% da variação total dos dados, não apresentando um bom ajuste, e na Figura 10.b, observou-se em quase todas as lâminas, um aumento de área foliar com o aumento da dose de nitrogênio. Ainda com relação à Figura 10, pode-se concluir ter ocorrido um aumento de área entre N1 e N4 de 1,54 vezes para L1 e de 2,37 vezes para L2, comprovando a importância do nitrogênio para a formação da área foliar. Nas lâminas L3 e L4 também houve tendência de acréscimo semelhante sendo que nestes tratamentos o efeito do N3 (75% de N) ficou mais evidente que N4 (100% de N), podendo ter ocorrido, nestes tratamentos, um desbalanceamento de nutrientes.



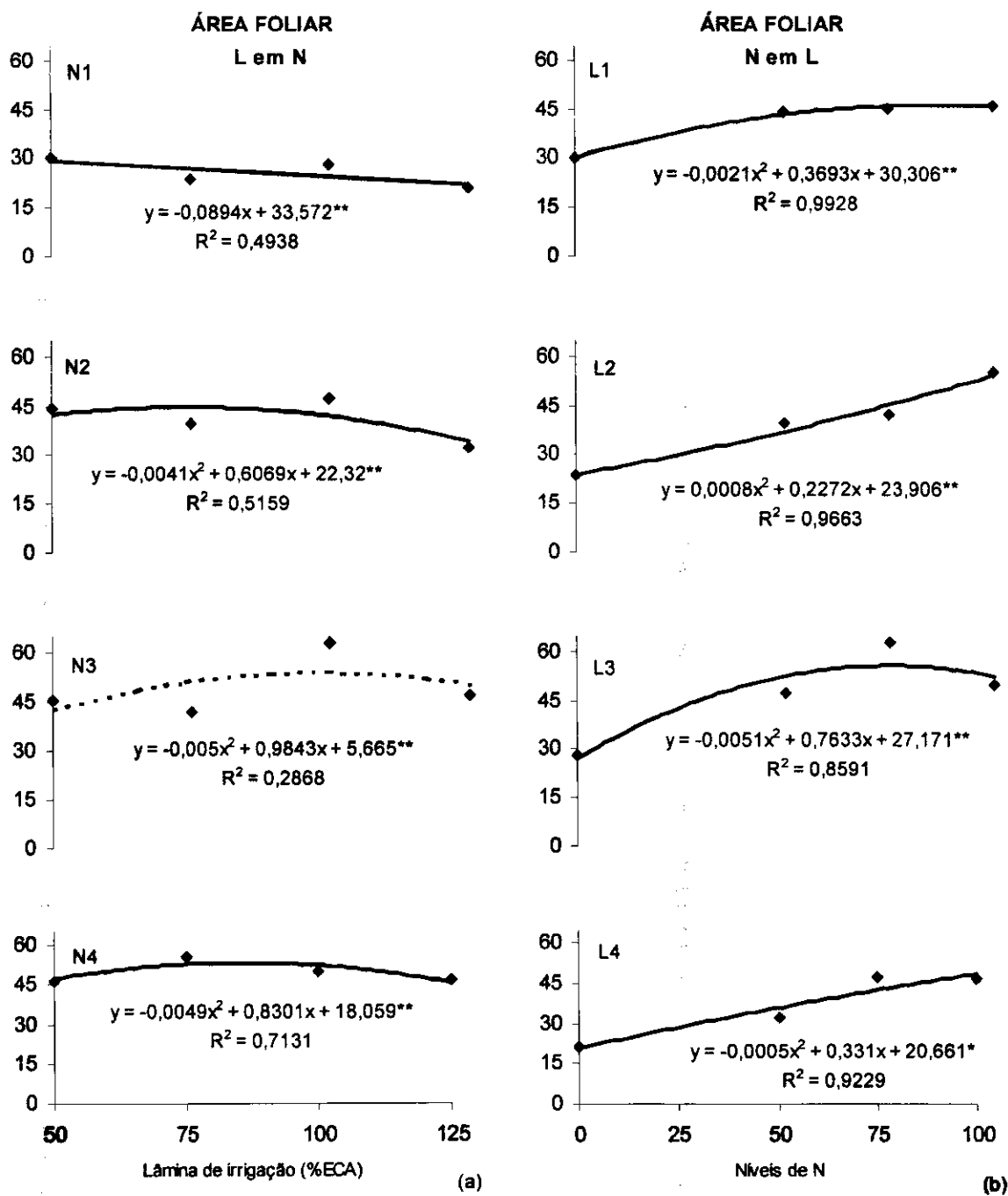


Figura 10: Desdobramento da interação L x N para os dados de área foliar (cm<sup>2</sup>).

#### 4.4 Avaliação da Produção

Na Tabela 10 observa-se o resumo de ANAVA para as variáveis número de frutos, peso fresco de frutos, comprimento e diâmetro dos frutos em função dos tratamentos.



Tabela 10: Resumo de ANAVA e médias para número de frutos (NFr), peso fresco de frutos (PFF), comprimento de frutos (CF) e diâmetro de fruto (DF), em função dos tratamentos.

Causa de Variância	Quadrado Médio			
	NFr <sup>1</sup>	PFF <sup>1</sup>	CF	DF
<b>Lâmina de Irrigação (L)</b>	0,37 ns	101,49**	1117,233**	15,245ns
Reg. Pol. Linear	0,23ns	Desdobramento na Tabela 11	Desdobramento na Tabela 12	Desdobramento na Tabela 13
Reg. Pol. Quadrática	0,02ns			
Desv. Reg.	0,87ns			
<b>Nível de Nitrogênio (N)</b>	27,38**	770,41**	640,766**	13,979ns
Reg. Pol. Linear	75,88**	Desdobramento na Tabela 11	Desdobramento na Tabela 12	Desdobramento na Tabela 13
Reg. Pol. Quadrática	6,25**			
Desv. Reg.	0,02ns			
<b>L x N</b>	0,47 ns	37,43**	260,377*	27,512**
CV (%)	18,19	18,93	13,35	7,80
		Médias		
	Nº	g/planta	cm	cm
<b>Lâmina de Irrigação (L)</b>				
L1 (50%)	3,40	16,01	74,15	37,35
L2 (75%)	3,23	17,90	85,90	38,50
L3 (100%)	3,56	20,60	89,00	39,20
L4 (125%)	3,45	20,64	90,75	39,20
<b>Nível de Nitrogênio (N)</b>				
N1 (0%)	1,70	9,74	92,40	37,45
N2 (50%)	3,62	19,73	85,80	39,30
N3 (75%)	4,06	22,89	82,45	39,10
N4 (100%)	4,26	22,78	79,15	38,40

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

#### 4.4.1 Número de frutos

Segundo resumo de análise de variância, para número de frutos, não houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade para interação dos fatores lâmina (L) e nitrogênio (N). No entanto houve significância de 0,01 de probabilidade para os níveis de nitrogênio que podem ser observados na Tabela 10.

Segundo o modelo matemático obtido, Figura 11, o número de frutos cresceu com o aumento da dose de nitrogênio aplicada, sendo quadrático o seu efeito de acordo com a análise de regressão. O acréscimo de número de frutos entre os tratamentos foi de 110,79% para N2, 132,39% para N3 e 144,89% para N4 quando comparados ao nível N1 (0% de N), para dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Embora as lâminas de irrigação aplicadas não tenham apresentado significância para o número de frutos, estas proporcionaram frutos de melhor qualidade visual e maior peso, quando comparadas aos tratamentos submetidos ao déficit hídrico.

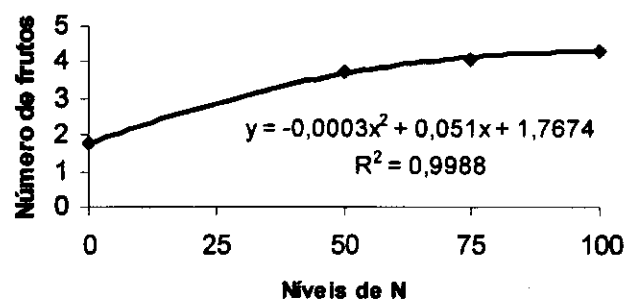


Figura 11: Número de frutos de pimentão em função dos níveis de nitrogênio aplicado.

Com relação aos dados não transformados, a quantidade de frutos obtidos com a aplicação de 100% do nitrogênio foi em média de 18,7 frutos por planta, enquanto que para os tratamentos sem aplicação de N, a média por planta foi de 3,1 frutos; o valor de 18,7 foi superior ao encontrado por Rezende (2001), que obteve uma média de 12,5 frutos de pimentão por planta, quando submetido a quantidades adequadas de água e adubação.

#### 4.4.2 Peso fresco de frutos

De acordo com o resumo da análise de variância, o peso fresco dos frutos foi afetado pelas lâminas de irrigação, pelos níveis de nitrogênio e pela interação (L x N) em nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 10). Em decorrência da não normalidade de distribuição e da ausência de homogeneidade das variâncias dos respectivos tratamentos, os dados foram transformados em  $\sqrt{x}$ .

Tabela 11: Desdobramento da interação (L x N) para peso fresco de frutos (PFF), com as respectivas médias.<sup>1</sup>

Fonte de variação	Quadrado médio			
L em N	N1	N2	N3	N4
Reg. Pol. Linear	25,98ns	147,99**	116,35**	234,69**
Reg. Pol. Quadrática	0,06ns	40,64ns	0,03ns	2,14ns
Desv. Reg.	0,005ns	65,57*	1,69ns	6,19ns

Continuação Tabela 11.

L em N		Médias (g/planta)			
L1 (50%)	11,22	15,47	19,75	17,61	
L2 (75%)	10,29	17,51	21,47	22,33	
L3 (100%)	9,31	24,80	24,40	23,90	
L4 (125%)	8,14	21,15	25,96	27,30	
Fonte de variação		Quadrado médio			
N em L	L1	L2	L3	L4	
Reg. Pol. Linear	155,99**	436,73**	620,98**	1087,92**	
Reg. Pol. Quadrática	17,69ns	10,81ns	219,39**	55,02*	
Desv. Reg.	25,22ns	4,50ns	11,60ns	2,24ns	
N em L		Médias (g/planta)			
N1 (0%)	11,22	10,29	9,31	8,14	
N2 (50%)	15,47	17,51	24,80	21,15	
N3 (75%)	19,75	21,47	24,40	25,96	
N4 (100%)	17,61	22,33	23,90	27,30	

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Conforme o desdobramento do fator L, em cada nível de N, e do fator N, em cada lâmina L, verifica-se que a maior produtividade da cultura (27,30 g/planta) foi obtida quando se aplicou a maior lâmina de água (125% da ECA) associada ao nível N4 (100%) de nitrogênio (Tabela 11). Nos tratamentos que receberam nitrogênio, em sua quase totalidade, ocorreu incremento de produção na medida em que se aplicou uma maior lâmina de irrigação, sendo verificado entre L1 e L4 um aumento de 30,75% em N3 e 51,57% em N4, em dados não transformados representou acréscimos, respectivamente, de 70,97% e 129,68% em N3 e N4. O mesmo não foi observado nos tratamentos que não receberam adubação nitrogenada, que apresentaram produções inversamente proporcionais as lâminas de irrigação, com redução de até 25,37% entre L1 e L4, embora este efeito não tenha sido significativo (Figura12). Neste caso, com o aumento da lâmina de irrigação pode ter ocorrido um maior carreamento do nitrogênio para as camadas inferiores, o que pode ter acarretado uma queda nos níveis de proteína e com isso menores produções.

Na Figura 12, observam-se as produções (g/planta) do pimentão, bem como suas respectivas equações de regressões para todos os tratamentos, em função das lâminas de irrigação e dos níveis de nitrogênio, onde se verifica que a maior produtividade de 15,013 t.ha<sup>-1</sup>, em relação aos dados não transformados e extrapolados para 1 ha, foi obtida no tratamento L4N4. Esta produção, na literatura, é considerada baixa para a cultura do pimentão em casa de vegetação. No entanto,

esta produtividade foi afetada provavelmente devido à ocorrência de temperaturas elevadas durante o período de floração, e associada também a valores de umidade relativa fora dos limites tolerados pela cultura, conforme explicado por autores como Sganzerla (1995) e Tivelli (1998). Carvalho et al. (2001), Rezende (2001) e Reis (2002) onde obtiveram, respectivamente, produções máximas de  $14,76\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $12,90\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  e  $17,4\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  quando trabalharam, em ambiente protegido, com o pimentão em temperaturas e umidades relativa do ar, semelhantes às registradas no presente trabalho.

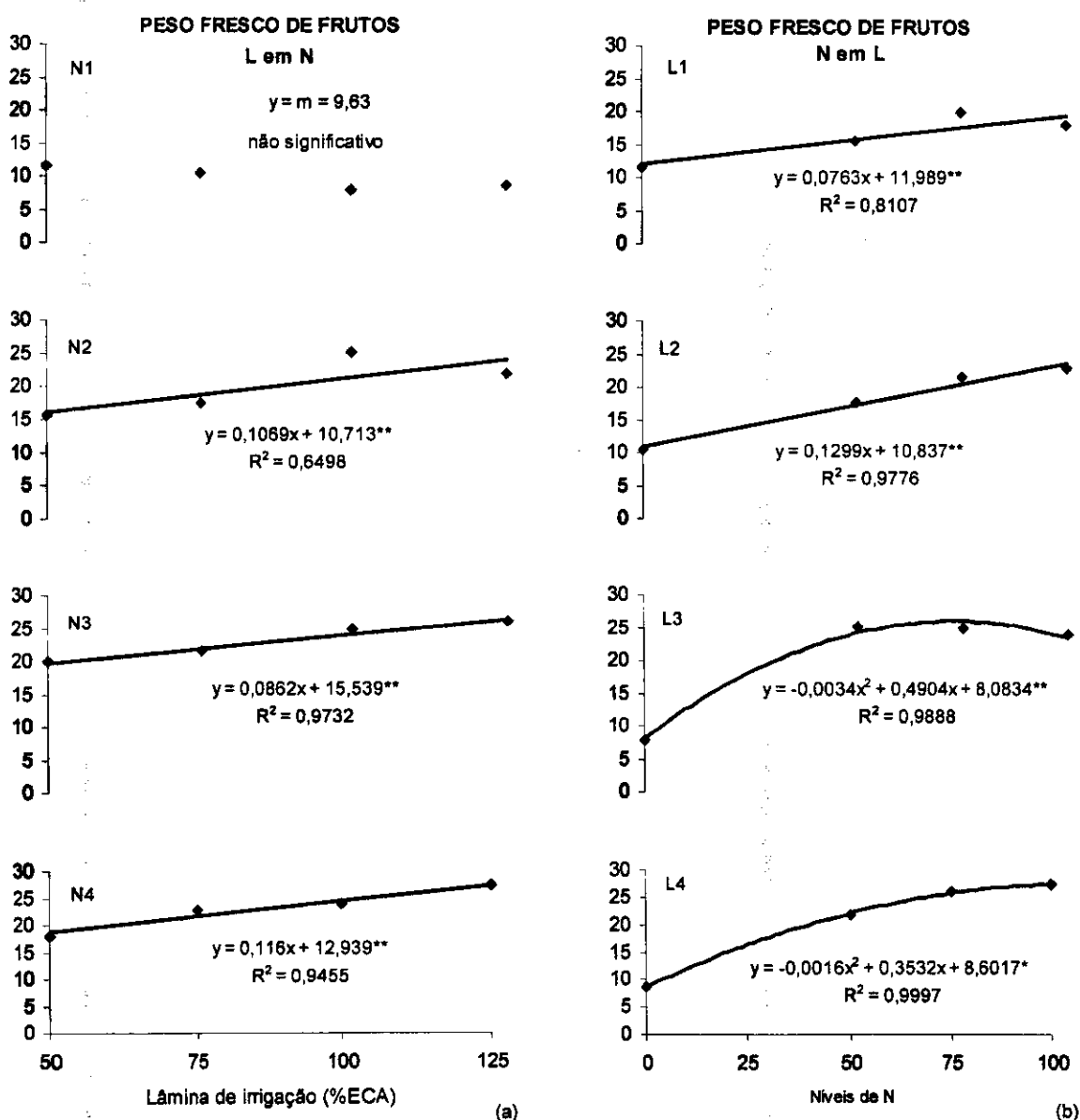


Figura 12: Desdobramento da interação L x N para os dados de peso fresco de frutos de pimentão em g/planta.

#### 4.4.3 Comprimento do fruto

Foi significativa a análise de regressão dos dados de comprimento dos frutos, relativos a todas as colheitas, para os fatores isolados (0,01) e para a interação (0,05) dos fatores estudados (Tabela 10).

Conforme estudo do desdobramento da interação L x N (Tabela 12), observa-se, com relação à lâmina de água, que o comprimento de frutos tendeu a aumentar conforme se aumentou a lâmina de irrigação, exceto nos tratamentos N1, onde este efeito foi inverso. A taxa de acréscimo de comprimento, em função da lâmina de irrigação aplicada, foi de 45,82% para N2, 32,37% para N3 e 28,78% para N4, entre as lâminas L1 e L4.

Tabela 12: Desdobramento da interação (L x N) para comprimento de fruto (CF), com as respectivas médias.

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		88,36ns	2152,96**	1246,09**	1122,25**
Reg. Pol. Quadrática		0,80ns	819,20**	36,45ns	84,05ns
Desv. Reg.		4,64ns	77,44ns	50,41ns	12,25ns
<b>L em N</b>		<b>Médias (mm)</b>			
L1 (50%)		94,80	64,60	69,80	67,40
L2 (75%)		94,20	90,20	82,40	76,80
L3 (100%)		91,00	94,20	85,20	85,60
L4 (125%)		89,60	94,20	92,40	86,80
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		1999,27**	838,22**	121,80ns	8,91ns
Reg. Pol. Quadrática		728,57*	58,92ns	52,46ns	148,36ns
Desv. Reg.		182,70ns	15,05ns	110,92ns	0,46ns
<b>N em L</b>		<b>Médias (mm)</b>			
N1 (0%)		94,80	94,20	91,00	89,60
N2 (50%)		64,60	90,20	94,20	94,20
N3 (75%)		69,80	82,40	85,20	92,40
N4 (100%)		67,40	76,80	85,60	86,80

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

O comprimento dos frutos de pimentão tenderam a diminuir com o aumento da dose de nitrogênio (Figura 13). Verificou-se também que para as menores lâminas (L1 e L2), o comprimento do fruto tendeu a ser maior no tratamento sem aplicação de nitrogênio. E nos tratamentos com maior lâmina de irrigação (L3 e L4), o comprimento tendeu a ser maior quando aplicado 50% de nitrogênio (N2).

Em todos os tratamentos, o comprimento dos frutos foi inferior ao normalmente registrado para o híbrido de pimentão Magali R (140 mm), sendo a alta temperatura do ar um dos possíveis causadores da redução do comprimento do fruto. Fato semelhante foi, também, constatado por Rezende (2001), quando trabalhou com o híbrido Zarco submetido a condições climatológicas semelhantes e encontrou comprimento de frutos inferior ao esperado para o genótipo citado.

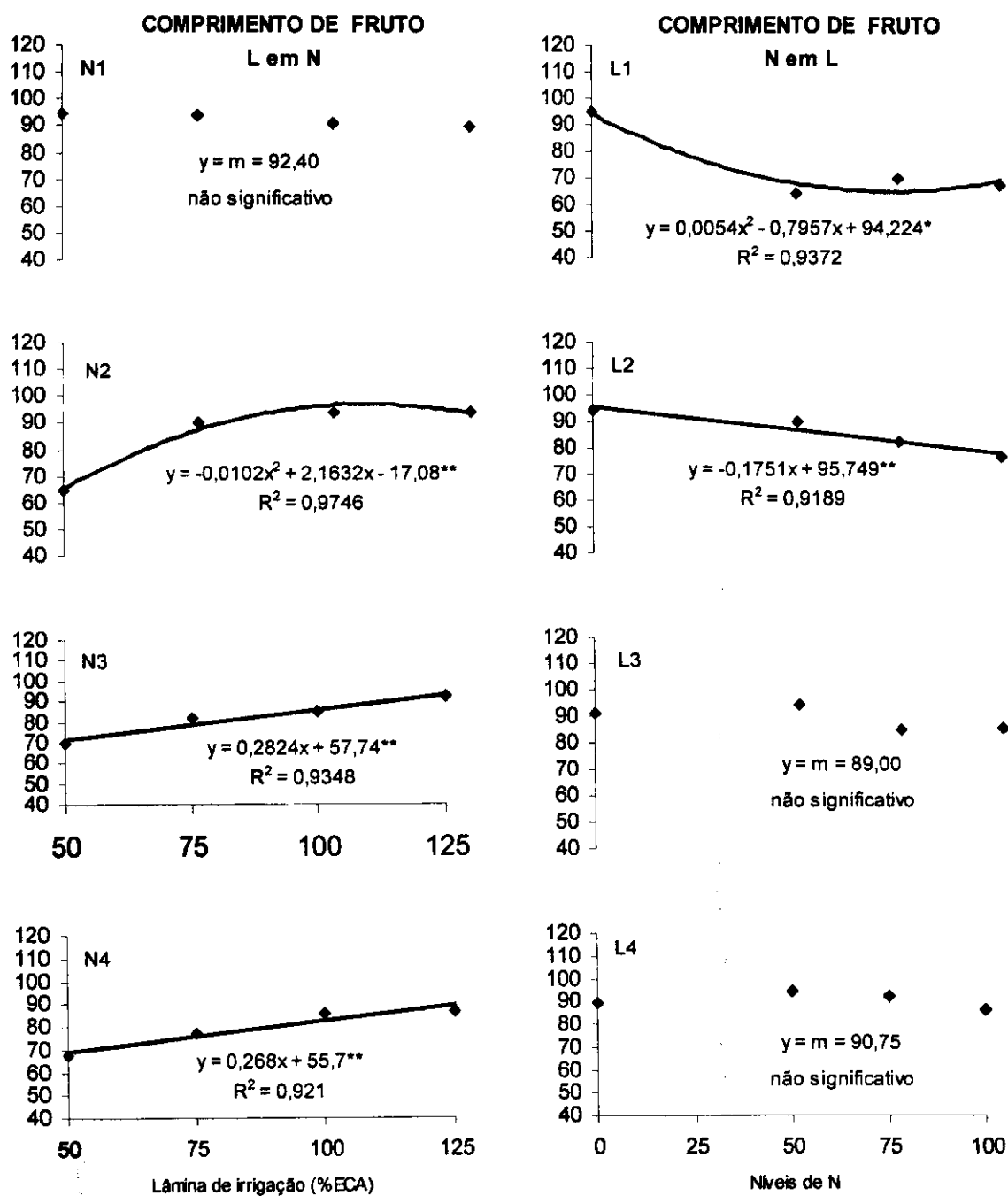


Figura 13: Desdobramento da interação L x N para os dados comprimento de frutos em mm.

Embora os tratamentos com menores lâminas de irrigação e menores quantidades de nitrogênio tenham resultado em maior comprimento de fruto, não corresponderam a melhores rendimentos, pois estes tratamentos apresentaram baixa produtividade. Isto provavelmente pode ter ocorrido como uma resposta da planta (ao déficit de água e nitrogênio) em utilizar todas as suas reservas de nutrientes em poucos frutos, para mais tarde, em condições favoráveis, garantir a perpetuação da espécie.

#### 4.4.4 Diâmetro do fruto

Segundo a análise de variância para diâmetro do fruto, houve efeito significativo ao nível de 0,01 de probabilidade para interação entre lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio.

Analisando o efeito das lâminas de água no diâmetro dos frutos de pimentão, constatou-se que entre as lâminas L1 e L3, houve um acréscimo do diâmetro com o aumento da lâmina de irrigação da ordem de 6,25% para N2, 20,57% para N3 e 8,98% para N4. Sendo que o maior diâmetro médio (42,14 mm) foi obtido quando se aplicou a lâmina L3 com o nitrogênio N3.

Tabela 13: Desdobramento da interação (L x N) para diâmetro de fruto (DF), com as respectivas médias.

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		34,81*	9,00ns	60,84**	57,76**
Reg. Pol. Quadrática		36,45*	1,80ns	72,20**	1,80ns
Desv. Reg.		2,89ns	9,00ns	1,96ns	4,84ns
<b>L em N</b>		<b>Médias (mm)</b>			
L1 (50%)		40,40	38,40	35,00	35,60
L2 (75%)		37,20	38,40	39,80	38,60
L3 (100%)		35,00	40,80	42,20	38,80
L4 (125%)		37,20	39,60	39,40	40,60
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		81,60**	9,60ns	64,20**	28,00ns
Reg. Pol. Quadrática		0,52ns	3,38ns	76,68**	0,57ns
Desv. Reg.		12,83ns	4,01ns	5,90ns	2,23ns
<b>N em L</b>		<b>Médias (mm)</b>			
N1 (0%)		40,40	37,20	35,00	37,20
N2 (50%)		38,40	38,40	40,80	39,60
N3 (75%)		35,00	39,80	42,20	39,40
N4 (100%)		35,60	38,60	38,80	40,60

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01 (\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

Com relação aos níveis de nitrogênio, os níveis N2 e N3 tenderam a apresentar maior diâmetro de fruto que os níveis N1 e N4.

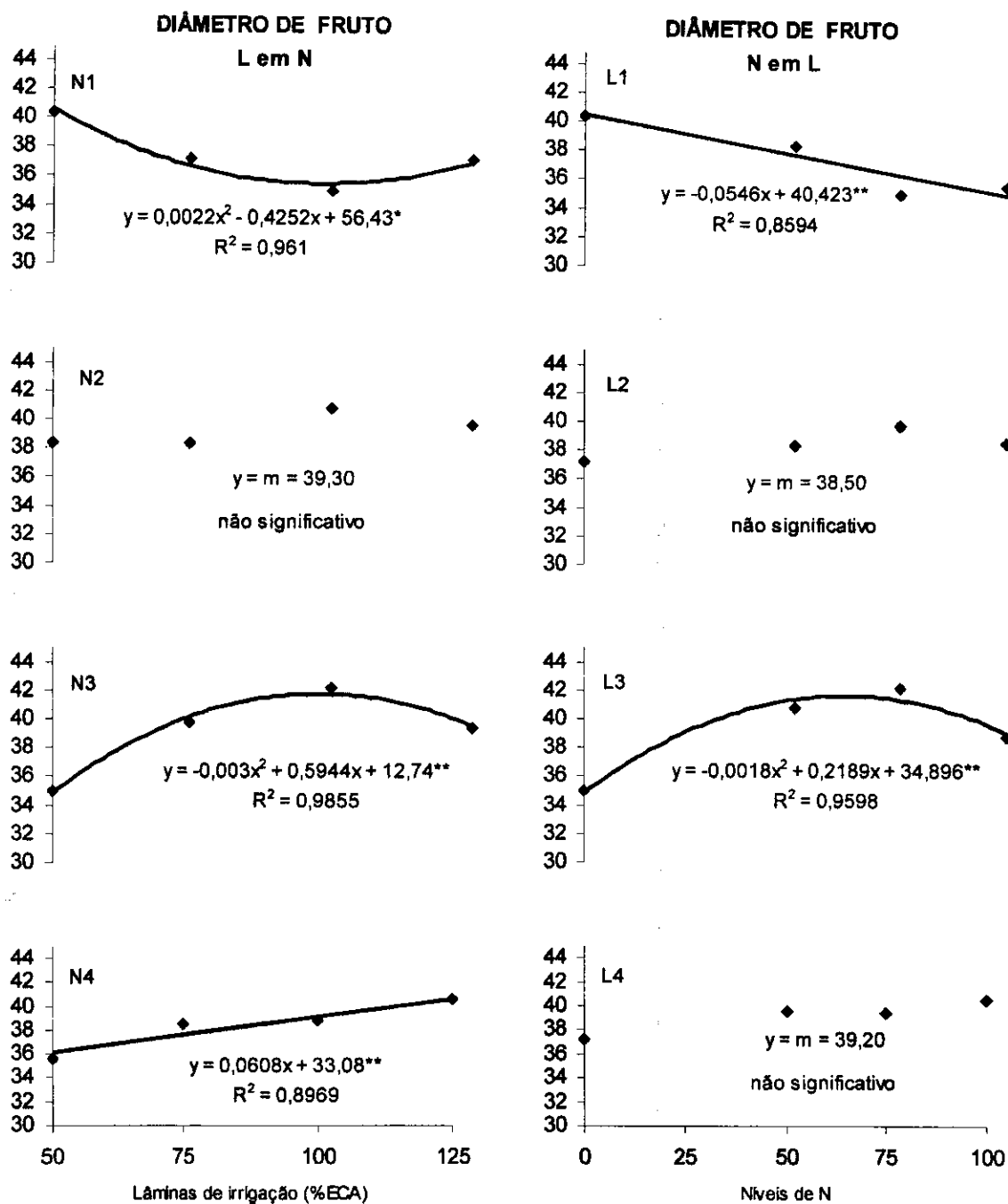


Figura 14: Desdobramento da interação L x N para os dados de diâmetro de frutos em mm.

Analisando-se os dados de comprimento e diâmetro, observa-se que o comprimento foi o fator mais determinante no peso final dos frutos. O diâmetro



médio dos frutos foi, também, inferior aos encontrados na literatura (80-90 mm), fato comprovado também por Tivelli (1998) e Rezende (2001).

#### 4.5 Avaliação da fitomassa

Na Tabela 14 observa-se o resumo de ANAVA para as variáveis fitomassa de folhas, caule, frutos e parte aérea em função dos tratamentos.

Tabela 14: Resumo de ANAVA e médias para fitomassa de folhas (FFo), fitomassa de caule (FC), fitomassa de frutos (FFr) e fitomassa da parte aérea (PA), em função dos tratamentos.

Causa de Variância	Quadrado Médio			
	FFo	FC <sup>1</sup>	FFr <sup>1</sup>	PA
<b>Lâmina de Irrigação (L)</b>	8,185**	0,89**	6,83**	1776,400**
Reg. Pol. Linear				
Reg. Pol. Quadrática	Desdobramento	Desdobramento	Desdobramento	Desdobramento
Desv. Reg.	na Tabela 15	na Tabela 17	na Tabela 18	na Tabela 19
<b>Nível de Nitrogênio (N)</b>	146,209**	44,66**	70,51**	31831,433**
Reg. Pol. Linear				
Reg. Pol. Quadrática	Desdobramento	Desdobramento	Desdobramento	Desdobramento
Desv. Reg.	na Tabela 15	na Tabela 17	na Tabela 18	na Tabela 19
<b>L x N</b>	1,912**	0,71**	3,19**	648,388**
CV (%)	9,78	4,15	18,42	16,49
	Médias			
	g/planta	g/planta	g/planta	g/planta
<b>Lâmina de Irrigação (L)</b>				
L1 (50%)	5,88	5,03	4,95	69,65
L2 (75%)	5,53	4,80	5,22	72,95
L3 (100%)	4,65	5,18	6,10	88,35
L4 (125%)	4,60	5,29	6,06	86,45
<b>Nível de Nitrogênio (N)</b>				
N1 (0%)	1,83	2,88	2,84	22,60
N2 (50%)	4,38	5,46	5,90	81,95
N3 (75%)	6,30	5,73	6,71	100,05
N4 (100%)	8,15	6,23	6,87	112,80

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

##### 4.5.1 Fitomassa das folhas

Os valores médios de peso seco das folhas apresentaram efeito significativo ao nível de 0,01 para a interação dos fatores (água e nitrogênio), conforme demonstrado na Tabela 14.

Verificando as médias de peso seco das folhas (Tabela 15), observa-se que conforme a lâmina de irrigação aplicada, houve tendência de redução nos valores de peso seco com o aumento da lâmina de irrigação, contrariando os valores encontrados por Beese et al. (1982) e por Rezende (2001), quando os primeiros estudavam o efeito de quatro lâminas de irrigação na cultura do pimentão e pelo segundo autor, quando o mesmo estudava o efeito de quatro volumes de água e quatro concentrações de CO<sub>2</sub> na cultura do pimentão, onde verificaram que o peso seco de folhas tendeu a aumentar com o aumento do volume de água aplicado.

Tabela 15: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa de folhas (FFo), com as respectivas médias.

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		0,95ns	20,77**	0,04ns	13,69**
Reg. Pol. Quadrática		1,04*	0,008ns	0,78ns	0,45ns
Desv. Reg.		0,11ns	0,105ns	2,58**	1,21*
<b>L em N</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
L1 (50%)		2,32	5,80	6,40	8,70
L2 (75%)		1,80	4,71	6,60	9,00
L3 (100%)		1,40	4,00	5,60	7,60
L4 (125%)		1,80	3,00	6,60	7,00
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		110,08**	136,83**	101,64**	87,86**
Reg. Pol. Quadrática		0,22ns	1,998**	1,103*	1,87**
Desv. Reg.		3,12**	0,02ns	0,02ns	11,06**
<b>N em L</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
N1 (0%)		2,32	1,80	1,40	1,80
N2 (50%)		5,80	4,71	4,00	3,00
N3 (75%)		6,40	6,60	5,60	6,60
N4 (100%)		8,70	9,00	7,60	7,00

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

Com relação aos níveis de nitrogênio, verificou-se para todas as lâminas de irrigação que o peso seco das folhas tendeu a aumentar com o aumento do nível de nitrogênio, sendo o maior valor encontrado no tratamento L2N4, onde as plantas produziram um peso seco de folhas de 9,0 g/planta. Para os níveis N2, N3 e N4, houve uma tendência de diminuição no peso seco das folhas com o aumento do peso seco dos frutos, em todas as lâminas de irrigação aplicadas, provavelmente, devido a aplicação de água ter causado mais alterações na partição de carbono, ou seja, em alguns casos o aumento da lâmina de irrigação causou redução no

crescimento foliar e aumento no crescimento do caule e na produção dos frutos, conforme observado na Tabela 16. Já para o tratamento N1, foram observadas tendências de queda tanto no crescimento foliar, quanto no reprodutivo, o que indica que o aumento na lâmina pode ter diminuído a eficiência dos nutrientes aplicado (possível lixiviação), afetando a nutrição da planta.

Tabela 16: Partição do carbono para diferentes órgãos da planta, para cada tratamento.

Tratamento	%		
	Folhas	Caule	Frutos
L1 N1	9,88	44,50	45,63
L2 N1	8,95	43,30	47,75
L3 N1	9,04	41,06	49,91
L4 N1	10,38	49,70	39,91
L1 N2	10,24	48,50	41,26
L2 N2	8,48	45,85	45,67
L3 N2	4,21	33,81	61,98
L4 N2	3,60	44,71	51,68
L1 N3	8,96	39,56	51,48
L2 N3	8,94	36,63	54,43
L3 N3	5,78	42,86	51,36
L4 N3	6,36	35,76	57,88
L1 N4	10,97	47,49	41,53
L2 N4	9,38	40,99	49,63
L3 N4	8,01	39,58	52,40
L4 N4	6,22	35,68	58,10

De acordo com os estudos de regressão aplicados aos valores médios de fitomassa seca de folhas, foi verificado efeito linear em L2 e L4, e quadrático em L1 para lâminas de irrigação e quadrático para os níveis de nitrogênio, exceção para N1 que apresentou efeito linear, sendo as equações mostradas nos respectivos gráficos (Figura 16).

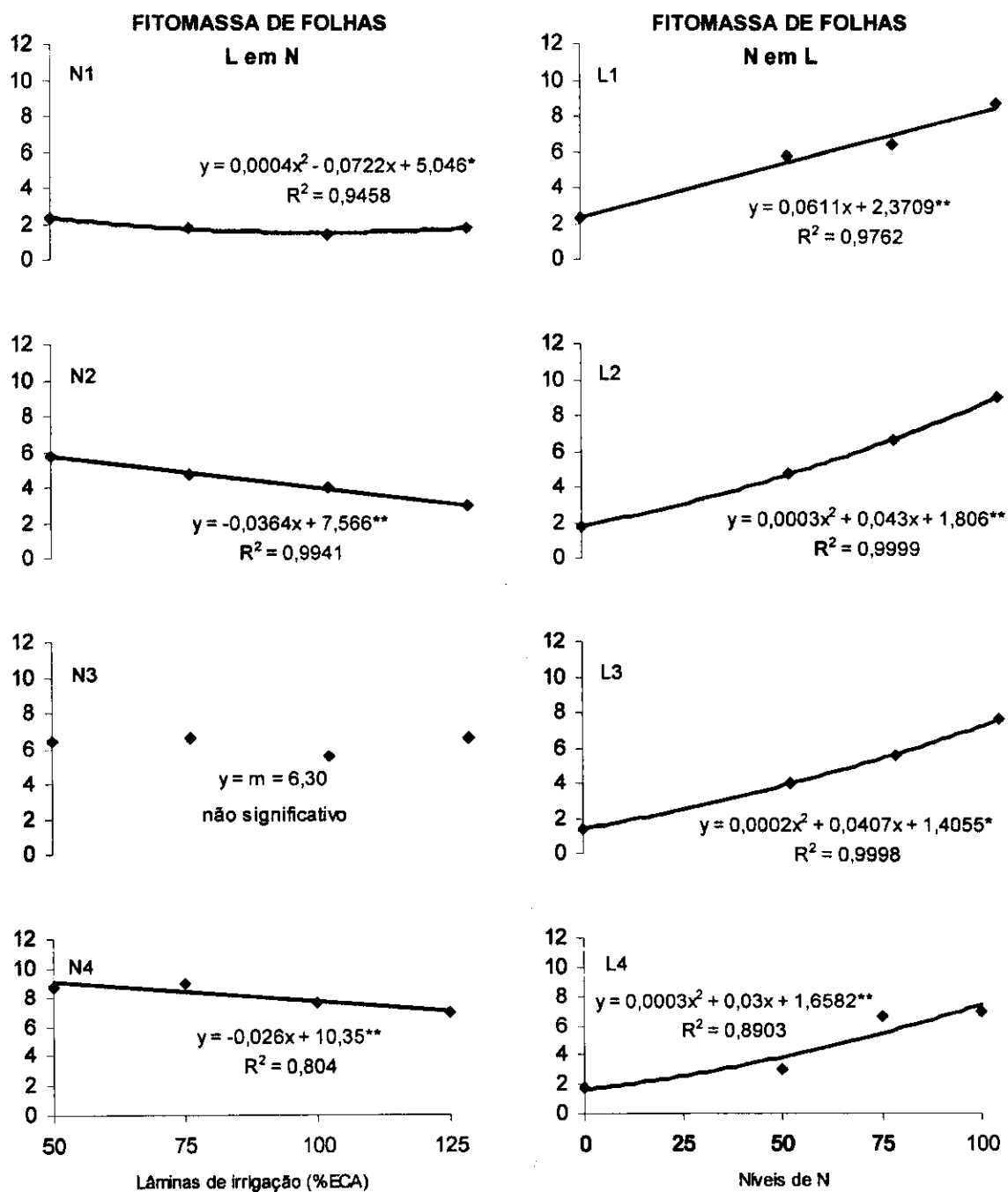


Figura 16: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de folhas em g/planta.

#### 4.5.2 Fitomassa do caule

De acordo com o resumo da análise de variância mostrada na Tabela 14, ocorreu efeito significativo ao nível de 0,01 para os fatores (água e nitrogênio), e para a interação destes.

Tabela 17: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa de caule (FC), com as respectivas médias.<sup>1</sup>

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		0,78**	2,00**	2,31**	0,07ns
Reg. Pol. Quadrática		0,73**	0,68**	0,03ns	0,00ns
Desv. Reg.		0,02ns	0,36**	2,03**	0,02ns
<b>L em N</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
L1 (50%)		3,33	5,28	5,38	6,13
L2 (75%)		2,82	4,96	5,19	6,24
L3 (100%)		2,56	5,60	6,35	6,22
L4 (125%)		2,82	6,01	6,01	6,32
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		20,22**	29,82**	41,00**	33,93**
Reg. Pol. Quadrática		0,57**	0,22*	6,23**	6,13**
Desv. Reg.		0,62**	0,76**	0,05ns	0,78**
<b>N em L</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
N1 (0%)		3,33	2,82	2,56	2,82
N2 (50%)		5,28	4,96	5,60	6,01
N3 (75%)		5,38	5,19	6,35	6,01
N4 (100%)		6,13	6,24	6,22	6,32

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Com relação a fitomassa seca de caule em função dos níveis de nitrogênio, observa-se que maiores níveis de nitrogênio promoveram uma maior produção de fitomassa de caule, exceção feita apenas entre os tratamentos L3N3 e L3N4, onde a maior dose de nitrogênio promoveu uma pequena redução de fitomassa de caule comprovando, desta forma, que um bom suprimento de nitrogênio é essencial para um bom desenvolvimento vegetativo.

Conforme análise de regressão e modelos matemáticos, Figura 17, a FC, cresceu quadraticamente com o aumento do nível de nitrogênio, sendo o aumento entre N1 e N4, de 84,08%, 121,27%, 143,36% e 124,11%, respectivamente para L1, L2, L3 e L4. Sendo que a lâmina de irrigação foi favorecedora deste aumento, uma vez que serviu de meio para a condução e distribuição dos nutrientes nas plantas, comprovando o fato de que um bom suprimento de água é fundamental para o desenvolvimento e produção da cultura do pimentão.

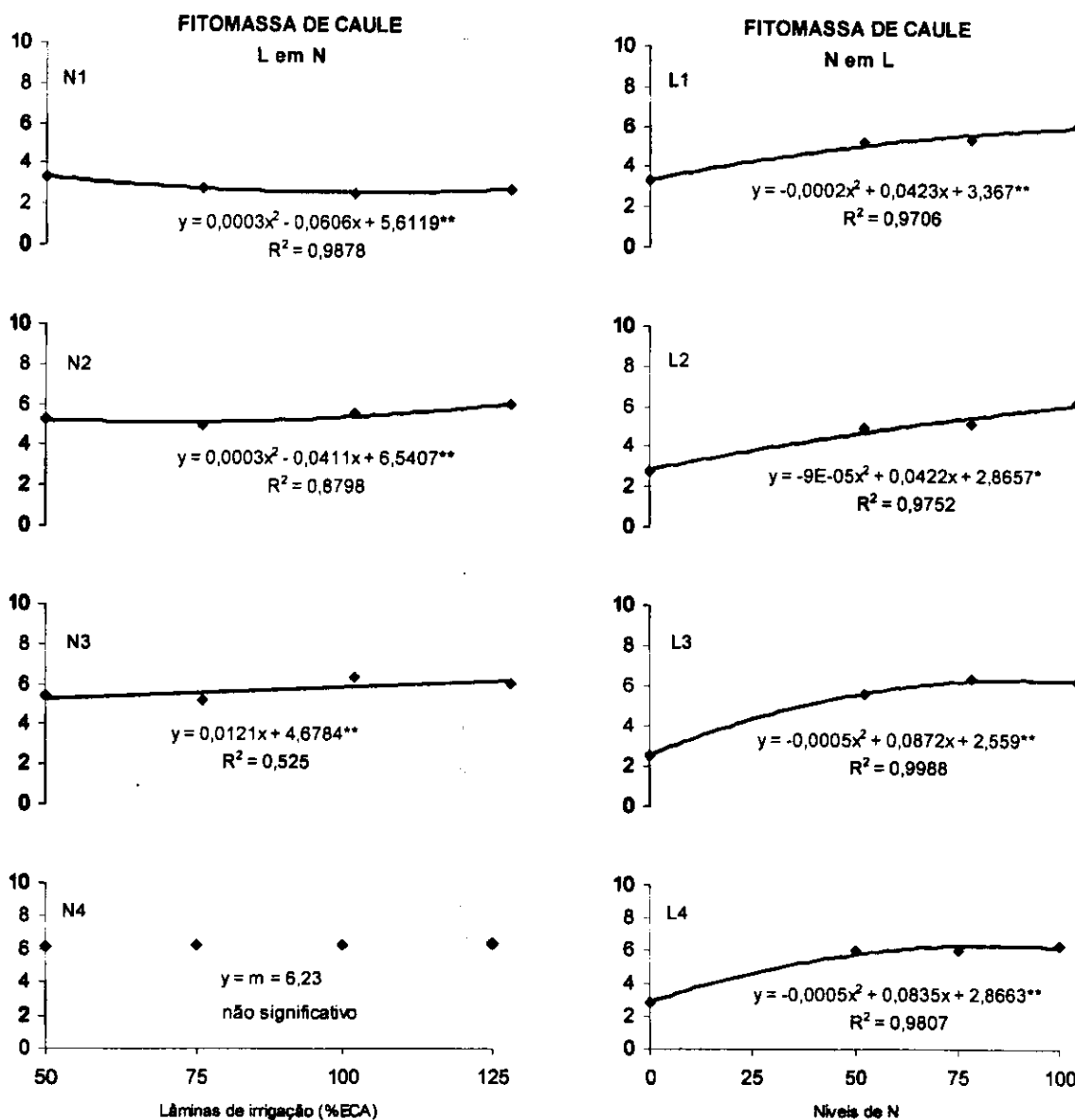


Figura 17: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de caule em g/planta.

#### 4.5.3 Fitomassa dos frutos

Conforme análise de variância mostrada na Tabela 14, houve diferença significativa (0,01) para a interação dos fatores água e nitrogênio para peso seco dos frutos no final de todas as colheitas, sendo os resultados expressos em g/planta. Esta análise torna-se importante principalmente para os produtores que visam o comércio de condimentos liofilizados ou em pó, muito difundido no mercado externo.

Na Tabela 18, com relação a fitomassa de fruto em função das lâminas de irrigação, verifica-se que o aumento da lâmina de irrigação proporcionou um

acrécimo em fitomassa, exceção feita para os tratamentos sem aplicação de nitrogênio (N1), onde se observa que o aumento da lâmina de irrigação promoveu uma ligeira redução na produção, provavelmente devido a um maior carreamento do pouco nitrogênio existente no substrato, para as camadas mais baixas do substrato e longe do alcance das raízes.

Tabela 18: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa de fruto (FFr), com as respectivas médias.<sup>1</sup>

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		2,31ns	11,43**	7,08**	15,16**
Reg. Pol. Quadrática		0,04ns	2,26ns	0,35ns	0,10ns
Desv. Reg.		0,12ns	10,00**	0,01ns	0,34ns
<b>L em N</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
L1 (50%)		3,29	4,87	6,06	5,57
L2 (75%)		3,00	4,95	6,28	6,73
L3 (100%)		2,83	7,53	6,88	7,15
L4 (125%)		2,30	6,27	7,63	8,02
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		18,45**	42,87**	50,72**	96,90**
Reg. Pol. Quadrática		1,96ns	0,29ns	17,92**	5,47*
Desv. Reg.		1,54ns	0,48ns	3,49ns	0,13ns
<b>N em L</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
N1 (0%)		3,29	3,00	2,83	2,30
N2 (50%)		4,87	4,95	7,53	6,27
N3 (75%)		6,06	6,28	6,88	7,63
N4 (100%)		5,57	6,73	7,15	8,02

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

<sup>1</sup> Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Analisando o efeito dos níveis de nitrogênio na fitomassa de frutos, observa-se que houve tendência de acréscimo de peso seco do fruto com o aumento do nível de nitrogênio. Sendo que entre os níveis N1(0%) e N4(100%) os acréscimos foram de 69,73% em L1, 129% em L2, 150,34% em L3 e 223,69% em L4, verificando que a utilização do nitrogênio em doses adequada implica em sucesso ou fracasso de uma produção.

Com relação aos dados não transformados, a maior produção em fitomassa de frutos foi verificada nos tratamentos L4N4, com valores alcançando a ordem de 1301,48 Kg.ha<sup>-1</sup>.

Segundo os modelos matemáticos obtidos (Figura 18), a fitomassa de frutos cresceu linearmente com o aumento das lâminas de irrigação, e com relação aos níveis de nitrogênio seu efeito foi linear para as lâminas L1 e L2 e quadrática para L3 e L4.

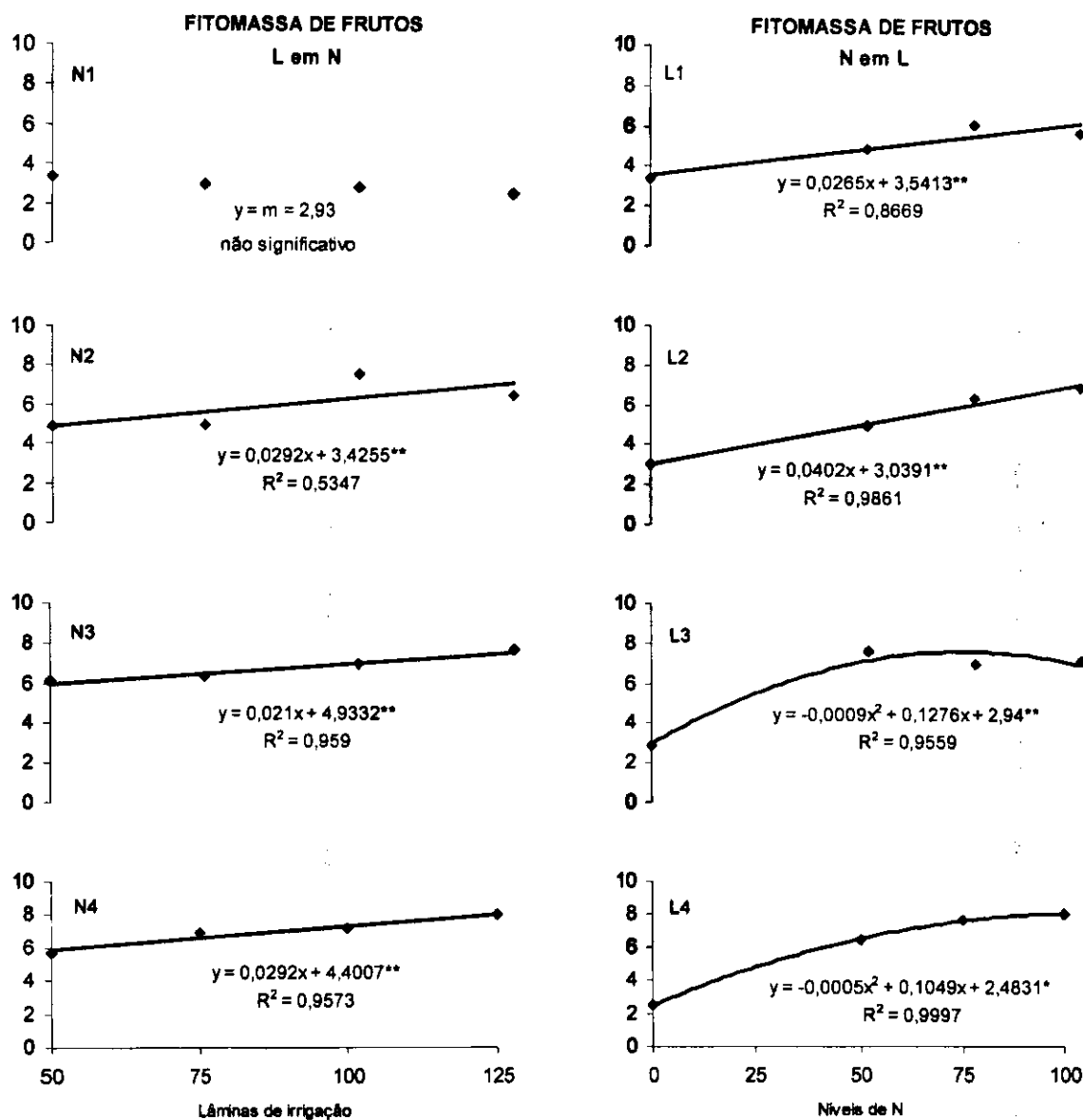


Figura 18: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de frutos de pimentão em g/planta.

#### 4.5.4 Fitomassa da parte aérea

Estudando o efeito das lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicadas no peso seco da parte aérea da cultura do pimentão (Tabela 14), verificou-se que



houve efeito significativo em 0,01 de probabilidade para os fatores isolados e para a interação (L x N).

Com relação ao nível de nitrogênio observa-se que para todas as lâminas de irrigação ocorreu um aumento da produção de fitomassa da parte aérea com o aumento das doses de nitrogênio (Tabela 19), constatando a importância do nitrogênio na produção vegetal e na assimilação de carbono na cultura do pimentão. Para a lâmina L3 verifica-se que houve um aumento no peso seco da parte aérea da ordem de 460% entre os tratamentos N1 e N4, ou seja, um incremento de aproximadamente de 5,6 vezes na produção da parte aérea, não só em termos de quantidade, mais também em termos de qualidade de frutos e de área foliar.

Tabela 19: Desdobramento da interação (L x N) para fitomassa da parte aérea, com as respectivas médias.

Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>L em N</b>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
Reg. Pol. Linear		249,64ns	2070,25**	2840,89**	2361,96**
Reg. Pol. Quadra		39,20ns	76,05ns	110,45ns	105,80ns
Reg. Pol. Cúbica		6,76ns	1980,25**	954,81*	368,64ns
CV (%)					
<b>L em N</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
L1 (50%)		29,00	70,80	84,80	94,00
L2 (75%)		22,00	66,00	87,80	116,00
L3 (100%)		20,40	101,80	117,00	114,20
L4 (125%)		19,00	89,20	110,60	127,00
Fonte de variação		Quadrado médio			
<b>N em L</b>		<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>
Reg. Pol. Linear		12039,15**	23513,21**	26722,32**	32955,44**
Reg. Pol. Quadra		341,77ns	59,47ns	4713,02**	960,52*
Reg. Pol. Cúbica		0,01ns	17,46ns	0,41ns	6,99ns
CV (%)					
<b>N em L</b>		<b>Médias (g/planta)</b>			
N1 (0%)		29,00	22,00	20,40	19,00
N2 (50%)		70,80	66,00	101,80	89,20
N3 (75%)		84,80	87,80	117,00	110,60
N4 (100%)		94,00	116,00	114,20	127,00

Significativo a 0,05 (\*) e a 0,01(\*\*) de probabilidade; (ns) não significativo.

Com relação a aplicação das lâminas de água, constata-se que para os tratamentos sem adição de N (N1), o aumento das lâminas provocou uma queda na produção, e que pode estar diretamente relacionado ao maior desbalanceamento nutricional e a um carreamento dos nutrientes para as camadas inferiores do substrato. Para os tratamentos N2, N3 e N4 (Figura 19), ocorreu um acréscimo linear

de produção com o aumento da lâmina de irrigação, no entanto, na transição da lâmina L3 para L4 constatou-se uma tendência de redução da produção da parte aérea, ocasionada principalmente, devido a uma maior aplicação de água (125% da ECA), podendo ter causado uma maior lixiviação de nutrientes e conseqüentemente uma menor produção, exceção apenas para o tratamento L4N4 onde ocorreu a maior produção de peso seco da parte aérea, ocasionado pela maior produção de fitomassa de frutos.

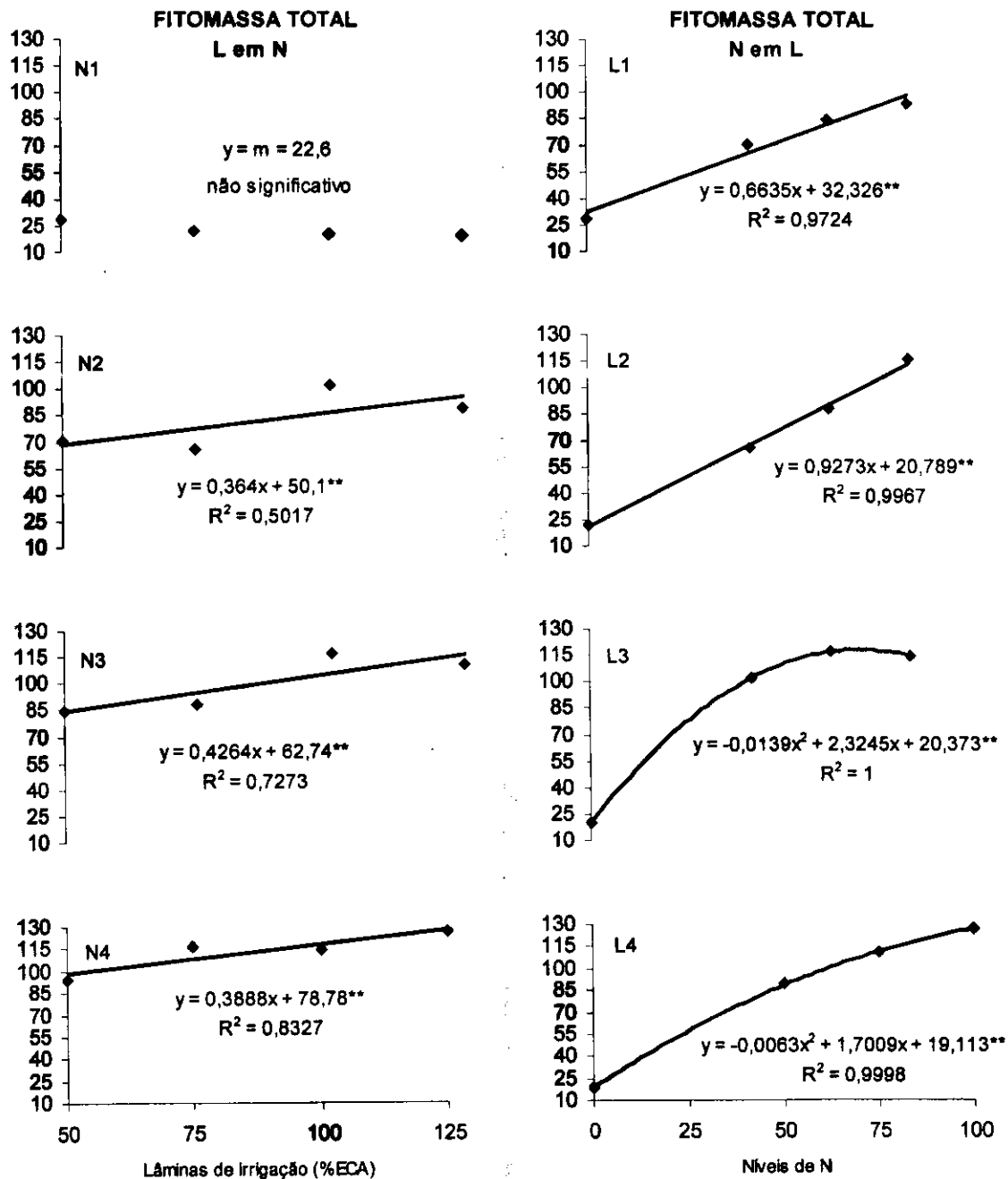


Figura 19: Desdobramento da interação L x N para os dados de fitomassa seca de frutos em g/planta.

#### 4.6 Eficiência de Uso da Água

Pela Tabela 20 observa-se que as melhores eficiências de uso da água estão relacionadas principalmente a aplicação de nitrogênio à planta, e que os tratamentos sem aplicação de nitrogênio apresentaram menores eficiências e ocorreram decréscimos desta com o aumento da lâmina de irrigação aplicada, devido principalmente a maior lixiviação dos nutrientes.

A melhor eficiência de utilização da água foi observada no tratamento L1N3 ( $36,69 \text{ Kg.mm}^{-1}$ ), no entanto, este fato não implica dizer que as mais altas produtividades e qualidades de frutos foram encontradas para este tratamento, e sim que as plantas responderam mais satisfatoriamente ao déficit hídrico associado à este nível de nitrogênio. Porém, os tratamentos que obtiveram maiores produções e melhores qualidades de frutos, L4N4 ( $15.013 \text{ Kg.ha}^{-1}$ ) L3N3 ( $12.286 \text{ Kg.ha}^{-1}$ ), apresentaram eficiências, respectivamente, de  $27,81 \text{ Kg.mm}^{-1}$  e  $28,44 \text{ Kg.mm}^{-1}$ . Portanto a decisão do produtor em optar por qualquer destes tratamentos deve levar em consideração o preço oferecido pelo produto na época e o custo da água e do adubo a ser gasto na produção.

Tabela 20: Médias da eficiência de uso da água ( $\text{Kg.mm}^{-1}$ ) para diferentes combinações de lâminas de água e níveis de nitrogênio

Lâmina de água aplicada	Níveis de nitrogênio			
	N1	N2	N3	N4
L1	12,35	22,69	36,69	30,26
L2	6,72	19,15	28,82	32,42
L3	4,12	29,11	28,44	25,63
L4	2,67	17,93	25,09	27,81

## 5 CONCLUSÃO

O número de frutos do híbrido Magali R cresceu quadraticamente com o aumento dos níveis de nitrogênio;

O híbrido Magali R apresentou o maior comprimento (94,80 mm) quando se aplicou a menor lâmina (370,90 mm) associada à ausência de nitrogênio, porém não implicou em maior produtividade;

O aumento na produção de frutos em resposta ao nitrogênio foi proporcionalmente maior nas maiores lâminas de água aplicada;

A maior produtividade (15,013 t.ha<sup>-1</sup>) foi observada para o tratamento onde se aplicou a maior lâmina de irrigação e maior nível de nitrogênio (L4N4);

Em geral, o aumento do nível de nitrogênio provocou uma maior produção de fitomassa, independente da lâmina de água aplicada.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEESE, F.; HORTON, R.; WIERENGA, P. J. **Growth and yield response of chile pepper to trickle irrigation.** *Agronomy Journal*, v.74, n.3, p.556-61, 1982.

BENNETT, J.M. **Daily water use rates of several agronomic crops.** Gainesville. Flórida Cooperative Extension Service, University of Florida, 5p. (Agronomy Facts, 130), 1982.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 6ª ed. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 657p. 1995.

BRAGA, M. B. **Manejo da irrigação e orientação geográfica de estufas na produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.).** 2000. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará: dados climatológicos de Sobral-CE (1961-1988).** Brasília, 1990.

CARVALHO, J. de A.; SANTANA, M. J. de; QUEIROZ, T. M. de; LEDO, C. A. da S.; NANNETTI, D. C. **Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico e de doses de nitrogênio sobre a produção do pimentão.** *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.21, n.3, p.262-269, set. 2001.

CEASA – Centrais de Abastecimento do Estado do Ceará S/A, Secretaria de Agricultura e Pecuária, Divisão Técnica e de Planejamento – DITEP, **Pimentão.** [www.ceasa-ce.com.br](http://www.ceasa-ce.com.br), acesso em 22/12/04.

DOORENBOS, J.A.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 306p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33. 1994.

EL SAIED, H.M. Chemical composition of sweet and hot pepper fruits grown under plastic house conditions. **Egyptian Journal of Horticulture**, v.22, n.1, p.11-18, 1995.

EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**, Rio de Janeiro. Serviço de levantamento e conservação do solo: 1997.

EMBRAPA HORTALIÇAS - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pimentão**, [www.cnph.embrapa.br/capsicum/cpimentao.htm](http://www.cnph.embrapa.br/capsicum/cpimentao.htm), acesso em 17/05/2003.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral da planta**. Lavras, MG: UFLA: FAEPE, 1994.

FERNANDES, V. L. B. (Coord.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, 248p. 1993.

FERNANDES, P. D. **Estudo de nutrição mineral do pimentão (*Capsicum annuum* L.) variedades Avelar e Ikeda. Absorção e deficiência de macronutrientes**. 1971. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 3ª ed. 419p. 2000.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura - agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**, 2ª ed. Minas Gerais: Editora UFV, 412p. 2003.

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V.P.S.; PEREIRA, A .S.; LIBARDI, V.C.M. **Efeitos de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)** In: Congresso Chileno de Engenharia Agrícola, 2., chilláu. Disquete Chilláu, 1997.

FRIZZONE, J. A.; PAZ, V. P. S.; PEREIRA, E. C.; SAAD, J. C. C. **Produtividade do pimentão amarelo (*Capsicum annuum* L.) sob diferentes potenciais matriciais**

**de água no solo** (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. Resumos. Campina Grande: SBEA, 1997.

FURLAN, R.A.; REZENDE, F. C.; ALVES, D.R.B.; FOLEGATTI, M.V. **Lâmina de irrigação e aplicação de CO<sub>2</sub> na produção de pimentão CV. Mayata, em ambiente protegido.** *Horticultura Brasileira*, v.20, n.4. 2002.

GOMES, H. P. **Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento.** 3ª ed. Campina Grande: UFPB, 412p. 1999.

GOTO, R.; ROSSI, F. **Cultivo do pimentão em estufa**, manual. Viçosa: CPT, 66p. 1997.

HEXEM R.W.; HEADY, E.O., **Water production function for irrigated agriculture.** The Iowa State University Press. Ames. Iowa. 215p.1978.

HILLEL, D.; GURON, Y., **Relation between evapotranspiration rate and maize yield.** *Water Resource Research*, 9: 743-748, 1973.

HOWELE, T.A. & HILER, E.A. **Opotimization of use efeciency under high frequency irrigation - I Evapotranspiration and yield relationship.** *Transations of the ASAG*, 18: 873-878, 1975.

KELLING, C.R.S. **Efeito da disponibilidade de água no solo sobre os componentes do balanço hídrico e o rendimento do feijoeiro.** Santa Maria, 1995. 91p. (Dissertação de Mestrado, UFSM).

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia.** São Paulo: Ceres, 191-215p. 1979.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** Trad. de Prado, C.H.B.A. São Carlos: RiMa, 500p. 2000.

MACEDO JÚNIOR, E. K. **Comportamento biofísico e agrônômico de plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetidas a cinco níveis de tensão matricial**

**de água no solo.** 1993. Dissertação (Mestrado em fisiologia vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ed. Ceres, 252p. 1980.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A., **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS, 1989.

MARTINS, S.R., PEIL, R. **La situación actual de los plásticos em la agricultura en Brasil y su potencialidad futura.** IN: SIMPOSIUM IBEROAMERICANO SOBRE APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS EN LAS TECNOLOGIAS AGRÁRIAS, 1., Almeida, p. 57-70. 1995.

MEDEIROS, J.F. de. **Manejo de água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão.** Piracicaba, 1998. (Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo). 152p.

MERRIAN, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: A guide for management.** Logan: Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, 271p. 1978.

MUNIZ, I.O.L.; SILVA, L.A.; GOMES, A.N.D.A. **Olericultura no Estado do Ceará.** Fortaleza, EPACE/EMATERCE, 17 p.(Mimeografado). 1987.

NANNETI, D.C., SOUZA, R. J. **A cultura do pimentão.** Lavras: UFLA, 1998. (Boletim Técnico: Série Extensão).

NEVES, M.C.P. **Interdependência fisiológica entre os componentes do sistema simbiótico Rhizobium leguminosas.** Revista Brasileira de Ciência do solo, Campinas, v-5, p-79-2. 1981.



OLIVEIRA, E. L. de. **Efeito do Estresse Hídrico Sobre Características da Cultura do Pimentão (*Capsicum annuum*, L.)**. Campina Grande-PB, 1995. (Dissertação de mestrado apresentada ao curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola)

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. **Influência dos fatores climáticos na produção**. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. *Ecofisiologia da produção agrícola*, Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, p-71-100. 1987.

PINTO, J.M., SOARES, J.M., CHOUDHURY, E.N., PEREIRA, J.R. **Adubação via água de irrigação na cultura do melão**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, nº 11, p -1263-8, 1993.

POLOWICK, P. L., SAWHNEY, V. K. **Temperature effects on male fertility and flower and fruit development in *Capsicum annuum* L.** *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 25, n. 2, p. 117-127, 1985.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Piracicaba: São Paulo: Manole. 188p. 1990.

REIS, J. B. R. da S. **Análise da sensibilidade de duas cultivares de pimentão a diferentes condições de regime hídrico**. Lavras-MG, 2002. (Dissertação de mestrado, UFLA).

REZENDE, F. C. **Resposta de plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) à irrigação e ao enriquecimento da atmosfera com CO<sub>2</sub>, em ambiente protegido**. Piracicaba. 2001. (Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo).

ROBLEDO, F. P.; MARTIN, L. V. **Aplicación de los plasticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 1981.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 5. ed. Porto Alegre: Agropecuária, 342p. 1995.

SHANI, M. **La fertilización combinada com el riego**. Tel Aviv: Ministério de Agricultura, Servicio de Extension, 36p. 1981.

SILVA, M. A. G. da. **Efeito do nitrogênio e potássio na produção e nutrição do pimentão em ambiente protegido**. Piracicaba, 1998. 86p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

STEWART, J.I. **Prediction of water production function and associated irrigation programs to minimize crop and profit losses due to limited water**. Davis. California, University of California, 182p. 1972.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2<sup>nd</sup>.ed. Sunderland: Sinaner Associates, 2002.

TIVELLI, S. W. A cultura do pimentão. In: GOTO, R., TIVELLI, S. W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.

VERMEIREN, G.A., JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Campina Grande, UFPB, 184p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36 - Tradução de GHEYI, H.R., DAMASCENO, F.A.V., SILVA Jr., L.G.A., MEDEIROS, J.F.). 1997.

WIERENGA, P. J. SADIQ, M. H. **Optimum soil water tension for trickle irrigated chile peppers**. IN: INTERNATIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, 3. Fresno: ASAE, p. 193-197. 1985.

WOLFE, D. W.; HENDERSON, D. W.; HSIAO, T. C. et al. **Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield**. Agronomy Journal, Madison, v.80, p-859-864. 1988.

WRIGHT, G. C.; SMITH, R. G.; McWILLIAM, J.R. **Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and yield response**. Australian Journal of Agricultural Research, v. 34, p-615-626. 1983.