

**PRODUÇÃO DO PIMENTÃO (*Capsicum
annuum* L.) EM AMBIENTE PROTEGIDO,
IRRIGADO COM DIFERENTES LÂMINAS DE
ÁGUA SALINA**

MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA

2004

MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA

**PRODUÇÃO DO PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.) EM
AMBIENTE PROTEGIDO, IRRIGADO COM DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUA SALINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Jacinto de Assunção Carvalho

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2004



Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Santana, Márcio José de

Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambiente protegido,
irrigado com diferentes lâminas de água salina / Márcio José de Santana. --
Lavras : UFLA, 2004.

90 p. : il.

Orientador: Jacinto de Assunção Carvalho.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Pimentão 2. Ambiente protegido. 3. Salinidade da água. 4. Salinização do solo. 5. Lâmina de lixiviação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.64387

MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA

PRODUÇÃO DO PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.) EM AMBIENTE PROTEGIDO, IRRIGADO COM DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA SALINA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 16 de Março de 2004.

Prof. Dr. Elio Lemos da Silva

UFLA

Dra. Fátima Conceição Rezende

UFLA



Prof. Dr. Jacinto de Assunção Carvalho

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

*Aos meus, pais Cirilo e Maria José,
pelo exemplo de vida e luta. Vocês
são os maiores responsáveis por
esta conquista.*

OFEREÇO

*Aos meus irmãos, Rosa, Natal e Adriana,
pelas orações e ajuda; a Karime, pelo
carinho e companheirismo e a Clara
por sua presença.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e ensinamentos.

À Universidade Federal de Lavras, por proporcionar a oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa que possibilitou a conclusão do curso.

Ao professor Jacinto de Assunção Carvalho, pela ajuda, atenção e amizade nesses anos de orientação.

Aos professores Geraldo Magela, Valdemar Faquin, Messias José Bastos de Andrade, Luiz Roberto Guimarães Guilherme e, em especial ao professor Elio Lemos da Silva, pelo auxílio nos diversos trabalhos realizados durante esses anos de pesquisa.

A Evandro Batista de Santana, pelos conselhos e exemplo de dedicação, sucesso e amizade.

Aos meus familiares que torceram por minhas conquistas, representados hoje pela pessoa da Tia Zulmira.

Ao meu amigo Renato César Ferreira, pelo companheirismo durante todos esses anos. Obrigado.

Aos meus parceiros de trabalho e amigos, Joelma Pereira e Douglas Miguel, pela amizade, seriedade nos experimentos e publicações.

Aos colegas de curso Marcio Ronaldo, Guilherme, Giulliano, Hudson, Welson, Carlinhos, Sato, Débora e Miriam, pelo convívio e amizade.

Aos funcionários do setor de hidráulica, Ana Daniela, Sr. Berg, José Luis, Nenem e a pesquisadora Fátima Rezende, por terem contribuído para a realização deste trabalho.

A todos os demais colegas de curso e professores do setor de Irrigação e Drenagem. Muito obrigado.

BIOGRAFIA

Márcio José de Santana, filho de Cirilo Felismino de Santana e Maria José Santana, nasceu em Patos de Minas, MG, em 12 de novembro de 1977.

Em 1993 iniciou o curso de Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Afonso Queiroz, na cidade de Patos de Minas, MG, concluindo-o em 1995. Nesse ano e em 1996 prestou serviços a empresas agrícolas na área de produção de sementes.

Em 1996, ingressou na Universidade Federal de Lavras, onde em 2002 concluiu o curso de Agronomia. Em 2003 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, tendo seu término nesta data.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Cultura do pimentão	3
2.2 Irrigação para o pimentão	4
2.3 Qualidade da água	6
2.4 Salinização do solo	8
2.5 Efeito da salinidade sobre as plantas	11
2.6 Ambiente protegido	13
2.7 Necessidade de lixiviação	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Localização e características da área experimental	16
3.2 Características do solo	16
3.3 Cultura, instalação e condução do experimento	18
3.4 Equipamento para medidas climatológicas.....	21
3.5 Tratamentos, delineamento experimental e sistema de irrigação....	21
3.6 Características da água.....	23
3.7 Parâmetros avaliados	24
3.7.1 Parâmetros da planta.....	24
3.7.1.1 Número de dias para o florescimento	24
3.7.1.2 Diâmetro do colo	24
3.7.1.3 Altura	25
3.7.1.4 Massa seca dos frutos	25
3.7.1.5 Número de frutos com podridão apical	25

3.7.1.6 Produção de frutos por classe e total	25
3.7.1.7 Índice de qualidade dos frutos (IQ)	26
3.7.1.8 Análise foliar	26
3.7.1.9 Eficiência do uso da água (EU).....	26
3.7.1.10 Fator de resposta <i>ky</i> da cultura do pimentão	27
3.7.2 Parâmetros do solo	27
3.7.2.1 Condutividade elétrica do extrato de saturação	27
3.7.2.2 Razão de adsorção de sódio (RAS) e porcentagem de sódio troçável (PST)	28
3.7.2.3 Teores de alguns nutrientes no solo	28
3.7.3 Análises estatísticas	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Características climáticas	30
4.1.1 Temperatura	30
4.1.2 Umidade relativa	31
4.2 Características da cultura	32
4.2.1 Produções total e comercial	32
4.2.2 Produção comercial relativa e de refugos	39
4.2.3 Número de frutos (total e comercial)	43
4.2.4 Altura e diâmetro do colo das plantas	48
4.2.5 Número de dias para o florescimento e índice de qualidade dos frutos	50
4.2.6 Número de frutos com podridão apical	56
4.2.7 Massa seca dos frutos	57
4.2.8 Consumo de água pela cultura, fator <i>ky</i> e eficiência do uso da água	63
4.2.9 Análises foliares	69
4.3 Características do solo	70

4.3.1 Condutividade elétrica do extrato de saturação	70
4.3.2 Razão de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável	79
4.3.3 Fertilidade do solo ao final do experimento.....	80
5 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

RESUMO

SANTANA, Márcio José de. **Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambiente protegido, irrigado com diferentes lâminas de água salina.** Lavras: UFLA, 2004. 90p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Agrícola)*

A cultura do pimentão é considerada moderadamente sensível à salinidade do solo e da água de irrigação, sendo que, em ambiente protegido, onde as precipitações naturais não colaboram para lixiviação dos sais em excesso, pode haver um aumento do nível salino do solo em cultivos sucessivos. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de níveis de sal na água de irrigação e a aplicação de lâminas de lixiviação durante o ciclo da cultura do pimentão. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos e 6 repetições, caracterizando um esquema fatorial de 4x4, sendo 4 níveis de sal na água de irrigação (condutividade elétrica de 0,1; 1,5; 3,5 e 5,5 dS m⁻¹) e 4 lâminas de lixiviação (LL) aplicadas durante o ciclo da cultura (0%, 30%, 60% e 90% da evapotranspiração). Foram realizadas análises de variância para os parâmetros avaliados. As produções total e comercial apresentaram quedas com o aumento da concentração de sais na água de irrigação, independente da LL. As LL não foram eficientes no que diz respeito à elevação das produções, porém, evitaram o aumento excessivo da salinidade do solo e da porcentagem de sódio trocável ao final da experimentação. O diâmetro do colo e altura das plantas foram afetados apenas pelo nível de sal na água de irrigação, sendo que decresceram com incremento do NaCl. A qualidade da produção foi afetada negativamente, caracterizada pela queda do índice de qualidade dos frutos, pelo aumento do número de frutos com podridão apical e de maiores valores de “ky” obtidos na produção comercial em relação à total, com o aumento da salinidade da água de irrigação. Com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação houve uma redução linear da evapotranspiração da cultura do pimentão.

* Comitê Orientador: Jacinto de Assunção Carvalho (Orientador), Elio Lemos da Silva (Co-orientador).

ABSTRACT

SANTANA, Márcio José de. **Production of the sweet peppers (*Capsicum annuum* L.) in protected environment, irrigated with different depths of saline water.** Lavras: UFLA, 2004. 90p. (Dissertation – Master of Science in Agricultural Engineering)*

The sweet pepper crop is considered moderately sensitive to the soil and irrigation water salinity. Protected environment, like a greenhouse, where rainfall do not collaborate for the leaching of salts in excess, can have an increase of the saline level of its soil in successive cultivations. The present study aimed the evaluation of effects of levels of salt in the irrigation water and the application of leaching levels during the growing season of sweet pepper. The experiment was carried out in an entirely randomized design with 16 treatments and 6 replications, characterizing a 4x4 factorial outline with 4 levels of salt in the irrigation water (electrical conductivity of 0,1; 1,5; 3,5 and 5,5 dS m⁻¹) and 4 leaching levels (LL) applied during the growing season (0%, 30%, 60% and 90% of the evapotranspiration). Variance analyses were accomplished for the evaluated parameters. The total and commercial productions decreased with increasing the saline level of the irrigation water, independent of LL. Leaching Levels did not show effects on productions, in spite of avoiding excessive increase of the soil salinity and exchangeable sodium percentage by the end of the experiment. The height and base trunk diameter of the plants were affected only by the level of salt in the irrigation water, decreasing with increment of NaCl. The quality of the production was affected. There was reduction in the quality index, increasing number of fruits with apical rot, high “ky” values obtained for the commercial production, with the increase of the salinity of the irrigation water. The increase of the irrigation water electrical conductivity caused a linear reduction of the crop evapotranspiration.

* Guidance Committee: Jacinto de Assunção Carvalho – UFLA (Major Professor)
Elio Lemos da Silva – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do pimentão apresenta grande valor comercial e é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil. Também é uma das mais cultivadas em ambiente protegido, podendo, assim, atender à demanda em épocas não favoráveis à sua produção.

É uma cultura exigente em tratamentos culturais, dentre os quais a irrigação exerce forte influência na produção e qualidade dos frutos, uma vez que é considerada sensível ao déficit hídrico. O objetivo principal da irrigação é proporcionar às culturas, no momento oportuno, a quantidade de água necessária para seu ótimo crescimento e, assim, evitar a diminuição dos rendimentos, provocada pela falta de água durante as etapas de desenvolvimento sensíveis à escassez.

Com as irrigações, no entanto, os sais contidos na água (especialmente quando se utiliza fertirrigação) acumulam-se na zona radicular, diminuindo a disponibilidade de água e acelerando sua escassez. Isso pode ser intensificado quando o cultivo é realizado em ambiente protegido, onde não há a ação de lixiviação das precipitações naturais.

Assim sendo, o manejo da irrigação, com respeito ao controle da salinidade do solo, assemelha-se muito às condições de regiões áridas, onde somente a água de irrigação é responsável pelo suprimento das necessidades hídricas da cultura e pela possível lixiviação dos sais no perfil (Medeiros, 1998).

Entretanto, para avaliação da necessidade de lixiviação, são necessários estudos regionalizados sobre a condutividade elétrica da água de irrigação e do extrato de saturação o qual seja o tolerado pela cultura.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivos:

- 1) avaliar os efeitos da salinidade da água de irrigação no rendimento da cultura do pimentão, quando cultivada em ambiente protegido;

- 2) monitorar a salinização do solo irrigado com água salina durante um ciclo de cultivo da cultura do pimentão;
- 3) avaliar os efeitos de lâminas de lixiviação durante as irrigações, na redução da salinização do solo e no desenvolvimento da cultura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do pimentão

Segundo Filgueira (2000), a espécie *Capsicum annuum* é uma solanácea perene, porém, cultivada como cultura anual. É tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile.

Acredita-se que o pimentão (*Capsicum annuum* e *Capsicum frutescens*) procede da zona tropical da América. A maioria dos pimentões cultivados pertence a *Capsicum annuum*, porém, os pequenos e picantes pertencem à outra espécie (Doorenbos & Kassam, 1994).

A cultura do pimentão apresenta frutos que são comercializados principalmente na coloração verde e vermelha, sendo produzidos também amarelos, cor de marfim, laranja e arroxeados, alcançando preços mais elevados pela excentricidade. A pigmentação influencia o sabor e aroma; os frutos vermelhos são mais saborosos, possuindo 50% a mais de substância picante, a capsaicina (Fonseca, 1986).

Em determinadas épocas do ano, mesmo com extensas áreas cultivadas, ocorre escassez da oferta de pimentão e outros produtos olerícolas, o que tem levado os olericultores a melhorarem e a renovarem seus sistemas de cultivo, de modo a obterem colheitas em períodos de baixa oferta desses produtos no mercado interno. A cultura é produzida extensivamente em condições de sequeiro, obtendo rendimentos altos com precipitações de 600 a 1.250 mm, bem distribuídas durante o período de crescimento. Precipitações intensas durante o período de floração provocam a queda de flores e o mau estabelecimento dos frutos e, durante o período de maturação, a podridão dos frutos (Nannetti, 2001).

e 8,1 dS m⁻¹ é, respectivamente, de 0%, 10%, 25%, 50% e 100% (Ayers & Westcot, 1991).

2.3 Qualidade da água

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade quanto da qualidade da água. No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido a que, no passado, as fontes de água, no geral, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Esta situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto para os projetos novos como para os antigos que requerem águas adicionais, tem-se que se recorrer à água de qualidade inferior (Ayers & Westcot, 1991).

Muitas vezes, a água disponível na natureza para utilização na irrigação pode conter impurezas. Estas impurezas podem ser caracterizadas quanto aos aspectos sanitários, físicos e químicos. Quanto ao aspecto químico, este se refere à concentração de sais, metais pesados e outros elementos químicos que são nocivos à cultura e que somente a água de irrigação não é normalmente suficiente para prejudicar diretamente as plantas. Os danos devem-se ao acúmulo desses elementos químicos no solo que devido ao manejo inadequado da irrigação e ou drenagem insuficiente, acabam prejudicando a cultura devido à salinização do solo e toxicidade (Carrijo et al., 1999).

Bower et al. (1969), citados por Medeiros (1998), em experimento utilizando diferentes salinidades da água de irrigação e frações de lixiviação, verificaram como esses fatores afetam a distribuição e acumulação de sais solúveis no perfil do solo irrigado em condições de equilíbrio. Esse autor ainda cita Rhoades & Loveday (1990), os quais observaram que, em terrenos irrigados, sob condições de equilíbrio, tem-se o seguinte:

1 – o teor de sais da solução do solo aumenta no perfil com a profundidade da zona radicular, exceto quando se irriga com águas de baixa salinidade ($CE < 0,2 \text{ dS m}^{-1}$) e frações de lixiviações altas ($FL > 0,5$);

2 – a salinidade da solução do solo aproxima-se a da água de irrigação próximo à superfície do solo, independente da fração de lixiviação, mas aumenta com a profundidade quando FL é diminuída;

3 – para uma mesma relação CEa/FL, a salinidade da solução é proporcional à CEa próximo da superfície, mas é aproximadamente independente da CEa no fundo da zona radicular;

4 – a salinidade média da solução do solo na zona radicular aumenta e o rendimento da cultura decresce, à medida que aumenta a CEa e há decréscimo da FL;

5 - os primeiros incrementos da lixiviação são os mais efetivos para se prevenir a acumulação de sais na zona radicular.

Ayers & Westcot (1991) apresentam diretrizes para avaliar a qualidade da água de irrigação (Tabela 1). Essas se referem, sobretudo, aos efeitos a longo prazo da qualidade da água sobre a produção das culturas, nas condições de solo e manejo agrícola. Elas têm caráter prático e têm sido utilizadas com êxito na agricultura irrigada, para avaliar os constituintes da água superficial, subterrânea, de drenagem, efluentes de esgotos e outras águas residuais.

TABELA 1. Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação (Ayers & Westcot, 1991).

Problema potencial	Unidades	Grau de restrição para o uso		
		Nenhuma	Ligeira e moderada	Severa
Salinidade				
CEa	dS m ⁻¹	<0,7	0,7 a 3,0	>3,0
*SDT	mg L ⁻¹	<450	450 a 2000	>2000

*SDT = total de sais em solução.

2.4 Salinização do solo

Segundo Ayers & Westcot (1991), o problema de salinidade do solo existe quando os sais acumulam-se na zona radicular à concentração tal que ocasiona perdas na produção. Estes sais geralmente são provenientes dos sais contidos nas águas de irrigação ou nas águas de lençol freático alto. O rendimento das culturas diminui quando o teor de sais na solução do solo é tal que não permite que as culturas retirem água suficientemente da zona radicular, provocando, assim, estado de escassez de água nas plantas por tempo significativo. Para estes autores, os sais que contribuem para criar problema de salinidade são solúveis e transportados facilmente na água. Uma parte dos sais acumulados no solo por irrigações anteriores pode ser lixiviada além da zona radicular, sempre e quando se aplicar maior quantidade de água que a consumida pela cultura, durante seu período vegetativo. Assim, o processo de lixiviação ou lavagem de sais é operação fundamental no controle dos problemas relacionados com a salinidade. Para evitar que os sais se acumulem na zona radicular em concentrações perigosas, é necessário lixiviar quantidade de sais igual ou maior à aplicada com

a água de irrigação durante determinado período de tempo. A quantidade de água necessária para lixiviar os sais depende de sua qualidade e da tolerância das culturas à salinidade.

Ainda segundo os mesmos autores, imediatamente após uma irrigação, a água mais facilmente disponível encontra-se na camada superior da zona radicular, que é também a camada de menor salinidade. À medida em que a planta consome água, a reserva hídrica da parte superior esgota-se progressivamente, chegando o momento em que a água mais facilmente disponível encontra-se nas camadas inferiores da zona radicular, as quais são geralmente as mais salinas. Por outro lado, a cultura não reage aos extremos de salinidade, de forma que extrai a água de onde seja mais facilmente disponível. Conseqüentemente, para se obterem boas colheitas, deve-se dar igual importância à manutenção da alta disponibilidade de água do solo e à lixiviação dos sais acumulados na zona radicular, antes que suas concentrações excedam os limites de tolerância das plantas.

Pizarro (1985) menciona que a porcentagem de sódio trocável (PST) associada à condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) tem sido usada como índice para classificação de solos quanto à salinidade. Para determinação do PST, é necessário se ter o valor da razão de adsorção de sódio (RAS) que, segundo sugestão de Richards (1954), é obtida da seguinte forma:

$$RAS = \frac{Na^+}{\left[\frac{[(Ca^{2+} + Mg^{2+})]}{2} \right]^{0,5}} \quad (1)$$

em que,

RAS = razão de adsorção de sódio (mmol L⁻¹)^{0,5};

Na⁺ = concentração de sódio meq L⁻¹;

Ca⁺² = concentração de cálcio meq L⁻¹;

Mg⁺² = concentração de magnésio meq L⁻¹.

$$PST = \frac{100 \times (-0,0126 + 0,01475 \times RAS)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 \times RAS)} \quad (2)$$

em que,

PST = porcentagem de sódio trocável.

O valor de potencial osmótico pode ser estimado como função da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), por:

$$\psi_{os} = -36CEes \quad (3)$$

em que,

CEes deve ser em $dS\ m^{-1}$ para se obter ψ_{os} em kPa.


A Tabela 2 apresenta classificação dos solos quanto à salinidade e sodicidade.

TABELA 2. Classificação de solos afetados por sais com base em análise do extrato de saturação.

Critério	Normal	Salino	Sódico	Salino-Sódico
CEes ($dS\ m^{-1}$)	<2	>2	<2	>2
PST	<7	<7	>7	>7

Fonte: Adaptado de Cabello, 1996.

Ayers & Westcot (1991) mencionam que os fertilizantes naturais e químicos e os corretivos contêm concentrações altas de muitos sais solúveis. Quando são colocados nas proximidades das plantas, estes produtos provocam ou intensificam os problemas de salinidade e ou toxicidade. Considera-se, geralmente, que um aumento do nível de fertilização acima do necessário para o ótimo desenvolvimento não afeta a tolerância das plantas à salinidade. No entanto, se tanto a salinidade como a baixa fertilidade limitam a produção, a correção de uma ou ambas provocará aumento nos rendimentos da cultura. Entretanto, se a fertilidade é adequada e a salinidade é fator limitante, a



adubação não provocará aumento nos rendimentos nem melhorará a tolerância à salinidade.

2.5 Efeito da salinidade sobre as plantas

Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade. Algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos. Esta diferença deve-se à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm, o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água. Esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo ao nível de tolerância das plantas que se cultivam. A tolerância à salinidade de algumas culturas pode alcançar valores entre 8 e 10 vezes a tolerância de outras. A amplitude desta tolerância relativa permite maior uso das águas de salinidade moderada e aumenta a faixa aceitável das águas salinas consideradas adequadas para irrigação (Ayers & Westcot, 1991).

Medeiros (1998) cita Tayer (1987), o qual afirma que, geralmente, os efeitos da salinidade (osmótico) são visualmente similares aos provocados por déficit hídrico. O meio mais viável para determinar a diferença entre os efeitos da salinidade e do déficit de umidade no desenvolvimento das plantas é pela análise do tecido vegetal. A falta de água normalmente reduz a absorção mineral total. Transpiração por unidade de matéria seca ou de área foliar é usualmente muito similar nos estresses causados pela salinidade ou por falta de água. A redução no desenvolvimento da planta devido à salinidade quase sempre envolve uma menor absorção total de água pela planta.

Santana et al. (2003) encontraram uma redução linear na produção do feijoeiro comum com o aumento da salinidade do solo, chegando a 93,4% quando a CEa esteve em $5,5 \text{ dS m}^{-1}$.

Marques (2003) observou redução na produção da berinjela quando irrigada sob diferentes lâminas e água salina.

Medeiros (1998) verificou que a redução na produção da cultura do pimentão em estufa foi da ordem de 14% para incremento de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ na salinidade do solo, acima da salinidade limiar que foi de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, concordando com a tabela apresentada por Maas & Hoffman (1977). Ainda segundo o mesmo autor, geralmente, concentrações de sais acumuladas no tecido das plantas acima do requerido para as suas funções normais e acima de um dado valor limite resultarão em algum prejuízo para o desenvolvimento e rendimento da planta. Acúmulo excessivo de sais na planta pode ser oriundo de altas concentrações de sais na zona radicular ou da absorção dos sais diretamente pelas folhas, quando a água de irrigação é aplicada por aspersão.

Lima (1998), cita Lauchli & Epstein (1990), os quais relatam que com o aumento da concentração de sais no solo, o potencial osmótico pode tornar-se tão baixo a ponto de ocorrer perda de água da planta para o solo, processo conhecido como dessecação osmótica. As plantas halófitas adaptadas a condições salinas possuem um mecanismo de absorção e acúmulo de sais do solo no vacúolo celular, a fim de reduzir o potencial osmótico interno e, dessa maneira, evitar a dessecação osmótica. Portanto, os sais não se misturam com a solução citoplasmática, permanecendo no interior do vacúolo, uma vez que a membrana que separa o citoplasma do vacúolo não permite o fluxo de um compartimento para outro, mesmo que haja elevado gradiente de concentração. Por outro lado, plantas glicófitas ou não-halófitas, quando expostas à salinidade moderada, não são capazes de realizar o ajuste osmótico, o que resulta no estresse hídrico por osmose.

2.6 Ambiente protegido

Segundo Martins & Peil (1995), com a plasticultura implantada em 20% da área cultivada a campo no Brasil e com as espécies olerícolas adaptadas a esta tecnologia, poder-se-ia triplicar o rendimento dessas culturas, assim como ampliar o seu cultivo em um maior número de vezes por ano, contribuindo para um aumento entre 10% a 20% da produção total de hortaliças no país.

No Brasil, o pimentão está entre as três culturas mais utilizadas sob cultivo protegido. O ciclo produtivo é longo (6 a 12 meses) podendo ter uma produtividade superior a 800 caixas tipo K por 1000 pés (Andriolo et al., 1991).

Rezende (2001) cita Braga (2000) que, trabalhando com o pimentão cultivado em estufa e irrigado por gotejamento, obteve uma produção mínima de 35.700 kg ha⁻¹ e máxima de 54.000 kg ha⁻¹, nas três colheitas realizadas.

Cultivos realizados em ambiente protegido distinguem-se dos demais sistemas de produção a campo, principalmente pelo uso intensivo do solo e controle parcial de fatores ambientais. Assim, o manejo adequado do sistema solo-água-planta-ambiente é de fundamental importância para o sucesso de empreendimentos neste sistema de produção (Carrijo et al., 1999). Esses autores também afirmam que aplicações excessivas de fertilizantes, utilização de água salina e o formato do bulbo molhado na irrigação por gotejamento fazem com que haja acúmulo de sais na superfície do solo e na periferia do bulbo. Em cultivos protegidos, com características mais intensivas de utilização do solo, a aplicação de fertilizantes e o manejo do solo e da irrigação devem ser realizados de forma adequada, a fim de evitar o acúmulo excessivo e prejudicial de sais.

A utilização da irrigação em ambiente protegido é indispensável e o uso do conjunto da fertirrigação é uma ferramenta que possibilita redução de custos e otimização da aplicação de água e fertilizantes. Por outro lado, se não for bem planejada, com a aplicação de fertilizantes com elevados índices salinos, muitas

vezes em quantidades superiores à requerida para a nutrição das plantas, pode resultar na salinização do solo. Outro fator que contribui para isso, sem dúvida, é o uso de águas de qualidade inferior, ricas em cloreto, sódio, cálcio, magnésio, carbonatos e bicarbonatos (Marques, 2003).

2.7 Necessidade de lixiviação

Quando o acúmulo de sais é excessivo, ou quando se suspeita que se vai alcançar este nível, os sais podem ser lixiviados aplicando-se na zona radicular mais água do que a necessária às culturas durante seu período de crescimento. Esta quantidade extra de água percola abaixo da zona radicular, removendo, pelo menos, uma parte dos sais acumulados. Este processo de lixiviação é fator básico no controle dos sais solúveis aplicados com a água de irrigação. A longo prazo, a quantidade de sais removidos por lixiviação deve ser igual ou superior à dos sais aplicados com a água de irrigação, para evitar sua acumulação e concentração em níveis perigosos. Os fatores críticos no controle de sais são a quantidade de água necessária para a lixiviação e o momento oportuno de sua aplicação (Ayers & Westcot, 1991).

Para estimar a LL, necessita-se conhecer tanto a salinidade da água de irrigação, quanto a tolerada pela cultura.

Para culturas específicas e aproximações mais exatas de LL, pode-se utilizar a seguinte equação (Rhoades , 1977, citado por Medeiros, 1998):

$$LL = \frac{CEa}{5CEes - CEa} \quad (4)$$

em que,

LL = necessidade ou lâmina de lixiviação mínima para controlar os sais dentro do limite de tolerância da cultura (adimensional);

CEa = salinidade da água de irrigação (dS m^{-1});

CEes = salinidade do extrato de saturação do solo, em dS m^{-1} , que representa a salinidade tolerável por determinada cultura.

Para Pizarro (1985), o primeiro requisito para a recuperação de qualquer solo afetado por sais é a drenagem adequada. Tendo-se a drenagem, a salinidade pode ser reduzida para um nível aceitável por meio da lixiviação que, neste caso, denomina-se de lavagem; para solos sódicos, a aplicação de corretivos apropriados pode ser requerida em adição à lixiviação para reduzir o teor de Na trocável.

Medeiros (1998), em experimento com cultura do pimentão em ambiente protegido, verificou que a aplicação de lâminas 15% e 30% superiores àquela necessária para repor a evapotranspiração da cultura não foi suficiente para reduzir a salinidade do solo no final do ciclo da cultura, quando comparados com o tratamento que não recebeu lâmina de lixiviação. Nesse trabalho as diferentes frações de lixiviação foram aplicadas em todas as irrigações.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Setor de Engenharia de Água e Solo do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, MG, a 910 metros de altitude, 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste. O clima da região é do grupo Cwb, de acordo com a classificação de Koppen, isto é, temperado com inverno seco e verão úmido. A temperatura média anual do ar é de 19,4°C (médias mínimas 14,8°C e médias máximas de 26,1°C). A precipitação total anual média é de 1.529,7 mm e a umidade relativa média do ar é de 76,2% (Brasil, 1991).

3.2 Características do solo

O material de solo utilizado no experimento foi de um Latossolo Vermelho distroférico, o qual foi coletado em barranco e passado em peneira de malha de 4 mm.

Na Tabela 3, são apresentadas as características do solo utilizado, sendo este classificado como Argiloso. Na Tabela 4 são mostrados os teores de alguns nutrientes encontrados no solo antes e após a adubação de plantio. Para a obtenção dessas características foram retiradas amostras compostas no local de coleta do solo.

TABELA 3. Granulometria e classe textural do solo utilizado no experimento.

	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	(%)			
Amostra	14	29	57	Argilosa

TABELA 4. Teores de alguns nutrientes no solo antes (AP) e após (PP) a adubação de plantio.

Características	AP	PP
pH em H ₂ O	6,3	5,9
Na (mg dm ⁻³)	1,4	14,5
P (mg dm ⁻³)	25	303
K (mg dm ⁻³)	1,8	7,4
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	2,5	5,2
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,4	0,7
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,1
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,3	2,1
*SB (cmol _c dm ⁻³)	3,0	6,7
*t (cmol _c dm ⁻³)	3,1	6,8
*T (cmol _c dm ⁻³)	5,3	8,8
*V (%)	56,4	76,1

*SB = soma de bases trocáveis; *t= capacidade de troca catiônica efetiva; * T= capacidade de troca catiônica a pH 7,0; * V = índice de saturação por bases.

A curva de retenção de água no solo foi determinada no Laboratório de Relação Solo-Água-Planta do Departamento de Engenharia. Para tensões de 2, 4, 6, 8 e 10 kPa foi utilizado o método do funil de placa porosa (Funil de Haines) e, para as tensões de 33, 100, 500 e 1500 kPa, a câmara de pressão de Richards.

Com o aplicativo SWRC desenvolvido por Dourado Neto et al. (1995), obteve-se a Equação 5, ajustada segundo o modelo de Genutchen (1980), que descreve a umidade do solo em função do potencial matricial. A curva de retenção da água no solo é mostrada na Figura 1.

$$\theta(h) = 0,230 + \frac{0,364}{\left[1 - (0,569h)^{5,650}\right]^{0,202}} \quad (5)$$

em que:

$\theta(h)$ – umidade do solo (g g^{-1}) para um dado valor de h ;

h – módulo potencial mátrico (kPa).

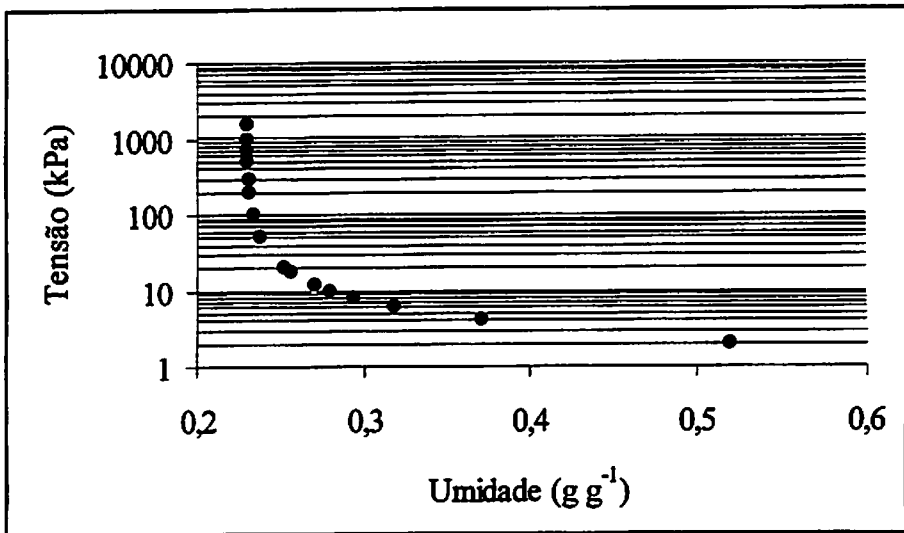


FIGURA 1 Curva característica de água do solo utilizado no experimento.

3.3 Cultura, instalação e condução do experimento

A cultura conduzida no experimento foi o pimentão (*Capsicum annum* L.), híbrido Fortuna Super, da TopSeed, apresentando frutos do tipo verde/vermelho, com formato cônico alongado, desenvolvido para plantio na primavera/verão, conforme menciona Nannetti (2001). Para formação das mudas, utilizaram-se bandejas de poliestireno expandido com 128 células. A semeadura foi feita no dia 28 de dezembro de 2001.

O experimento foi instalado em uma casa de vegetação modelo arco. O transplântio das mudas ocorreu no dia 1º de fevereiro de 2002 (35 dias após semeadura) e realizado em vasos de polietileno com capacidade para 13 dm³, utilizando uma muda por vaso. Esses vasos foram espaçados de 0,5 metro entre plantas e 1,0 m entre linhas.

A condução da cultura seguiu os seguintes passos agronômicos:

a) Calagem: a quantidade de calcário foi determinada com base na Equação 6, utilizando o valor de 80% para V₂, que é recomendado para a cultura do pimentão.

$$NC = \frac{T(V_2 - V_1)}{PRNT} \quad (6)$$

em que,

NC – necessidade de calcário (t h⁻¹);

T – capacidade de troca catiônica a pH 7 (cmol_c dm⁻³);

V₂ – saturação por bases, recomendada pela cultura (%);

V₁ – saturação por bases do solo (%);

PRNT – poder relativo de neutralização total (%).

Depois de encontrado o valor da necessidade de calcário, foi feita uma transformação para o volume do solo em cada vaso. Para esse fim utilizou-se o carbonato de cálcio puro para análise, com um tempo de reação de 30 dias, adicionando 9 gramas em cada vaso. Não foi adicionada matéria orgânica ao solo para evitar fornecimento de nitrogênio além do recomendado pela fertilização química.

b) Substrato: o substrato foi preparado com 50% de casca de arroz carbonizada e 50% de substrato comercial Plantmax. Foram utilizados 50 g de fertilizante 04-14-08 (NPK), em cada bandeja, conforme recomendação de Nannetti (2001).

c) Adubação de condução: a adubação foi baseada na recomendação de Malavolta (1980), fornecendo os nutrientes nas seguintes doses, em mg dm^{-3} : N = 300; P = 200; K = 150; Ca = 75; Mg = 15; S = 50; B = 0,5; Cu = 1,5; Fe = 1,5; Mn = 3,0; Mo = 0,1 e Zn = 5,0. A adubação de plantio consistiu em adicionar toda dose de magnésio e de fósforo e mais 1/3 da dose do potássio e do nitrogênio, dez dias antes do transplantio. O restante do nitrogênio e potássio foi dividido em dez doses de cobertura, concentrando-se as maiores nas fases de floração e formação de frutos. Os demais nutrientes foram adicionados três dias após o transplantio (Tabela 5). Foram realizadas pulverizações com micronutrientes a cada 15 dias de condução da cultura, utilizando-se o produto comercial Plantin II (Nannetti, 2001). Realizaram-se pulverizações com cloreto de cálcio semanalmente, para evitar deficiências nos frutos, conforme recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

TABELA 5. Percentuais de nitrogênio e potássio aplicados em cobertura na cultura do pimentão, em função do dia após o transplantio (DAT).

DAT (dia após transplantio)	Dose de N (% do total)	Dose de K (% do total)
10*	30	30
10	5	5
20	5	5
30	5	5
40	10	10
50	10	10
60	10	10
70	10	10
80	5	5
90	5	5
100	5	5

*10 dias antes do transplantio

d) Condução das plantas: para Filgueira (2000), as cultivares híbridas, devido ao peso da carga dos frutos, exigem tutoramento. Assim, foram instalados arames nº 14 por toda a casa de vegetação, presos em hastes de bambu com 2 metros de altura. Nesses arames foram amarrados fitilhos próximos às plantas, facilitando a sustentação dos frutos e ramos, que foram amarrados com barbantes. Foram feitas desbrotas nas plantas até a altura das primeiras flores, para favorecer o alongamento da haste; posteriormente, deixaram-se os brotos laterais crescerem livremente. Foram realizadas capinas manuais, evitando-se instrumentos que pudessem ferir as raízes.

e) Colheita: o ponto de colheita para os frutos verdes deu-se quando estes apresentaram-se verdes brilhantes e firmes, conforme recomendação de Nannetti (2001). A primeira colheita ocorreu no dia 30 de março de 2002, aos 60 dias após tranplântio (DAT).

f) Tratamentos fitossanitários: o controle fitossanitário das mudas foi realizado preventivamente com inseticida Deltamethrin e fungicida Mancozeb.

3.4 Equipamento para medidas climatológicas

Instalou-se, dentro da casa de vegetação, uma estação meteorológica da marca Davis modelo Weather Monitor II, com sensores para medir a temperatura e a umidade relativa do ar. As leituras foram realizadas diariamente às 17:00 horas.

3.5 Tratamentos, delineamento experimental e sistema de irrigação

O início do experimento foi caracterizado por elevar a umidade do solo dos vasos à capacidade de campo; para isso, eles foram saturados com água sem sal, envolvendo-os individualmente com plástico, de forma a forçar a perda de

água apenas por drenagem. Finalizando a drenagem (aproximadamente dois dias), os plásticos foram retirados e o transplântio das mudas realizado.

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial de 4x4 com seis repetições, sendo testados 4 níveis de salinidade da água (condutividade elétrica de 0,10; 1,5; 3,5 e 5,5 dS m⁻¹) e 4 lâminas de lixiviação (0%; 30%; 60% e 90% da evapotranspiração), totalizando 96 parcelas experimentais (um vaso por parcela). A lâmina de lixiviação foi um incremento da evapotranspiração diária em cada tratamento, obtida por meio da Equação 7. Na Tabela 6 são apresentados os tratamentos que foram usados.

TABELA 6. Descrição dos tratamentos em que as plantas foram submetidas.

Identificação	Descrição
0 _{0,1}	Sem lixiviação e CEa de 0,1 dS m ⁻¹
0 _{1,5}	Sem lixiviação e CEa de 1,5 dS m ⁻¹
0 _{3,5}	Sem lixiviação e CEa de 3,5 dS m ⁻¹
0 _{5,5}	Sem lixiviação e CEa de 5,5 dS m ⁻¹
30 _{0,1}	Lixiviação de 30% e CEa de 0,1 dS m ⁻¹
30 _{1,5}	Lixiviação de 30% e CEa de 1,5 dS m ⁻¹
30 _{3,5}	Lixiviação de 30% e CEa de 3,5 dS m ⁻¹
30 _{5,5}	Lixiviação de 30% e CEa de 5,5 dS m ⁻¹
60 _{0,1}	Lixiviação de 60% e CEa de 0,1 dS m ⁻¹
60 _{1,5}	Lixiviação de 60% e CEa de 1,5 dS m ⁻¹
60 _{3,5}	Lixiviação de 60% e CEa de 3,5 dS m ⁻¹
60 _{5,5}	Lixiviação de 60% e CEa de 5,5 dS m ⁻¹
90 _{0,1}	Lixiviação de 90% e CEa de 0,1 dS m ⁻¹
90 _{1,5}	Lixiviação de 90% e CEa de 1,5 dS m ⁻¹
90 _{3,5}	Lixiviação de 90% e CEa de 3,5 dS m ⁻¹
90 _{5,5}	Lixiviação de 90% e CEa de 5,5 dS m ⁻¹

Os volumes de água de reposição para cada vaso foram obtidos a partir de um percentual (relativo a cada tratamento) da quantidade de água

evapotranspirada diariamente; para isso instalaram-se em três vasos dos tratamentos 0_{0,1}, 0_{1,5}, 0_{3,5} e 0_{5,5}, drenos de coleta da água de percolação, para a estimativa da evapotranspiração e do balanço de água no solo pela Equação 7 (Gervásio et al., 2000; Santana et al., 2003). A reposição de água foi feita manualmente, todos os dias, com auxílio de uma proveta graduada.

$$ET = I - D \quad (7)$$

em que,

ET é a água evapotranspirada diária (mL);

I é a quantidade de água aplicada (mL);

D é a quantidade de água drenada (mL).

3.6 Características da água

Na Tabela 7 são apresentadas algumas características químicas da água utilizada no experimento, sem a adição de sal, bem como os teores indicados para uso na irrigação, segundo Ayers & Westcot (1991).

TABELA 7. Algumas características da água utilizada no experimento.

Parâmetros	Unidade	Experimento	Ayers & Westcot (1991)
pH	-	8,73	6,0-8,5
Salinidade	dS m ⁻¹	0,093	0-3
SDT*	mg L ⁻¹	14,0	0-2000
Cloretos	meq L ⁻¹	0,56	0-30
Nitrogênio amoniacal	mg L ⁻¹	0,0	0-10

*SDT = sólidos dissolvidos totais.

O preparo das águas (soluções) foi feito com o sal NaCl. Em laboratório foi determinada anteriormente a variação da condutividade elétrica da solução como função de diferentes concentrações do sal, obtendo-se uma equação após a análise de regressão, como mostrado na Figura 2.

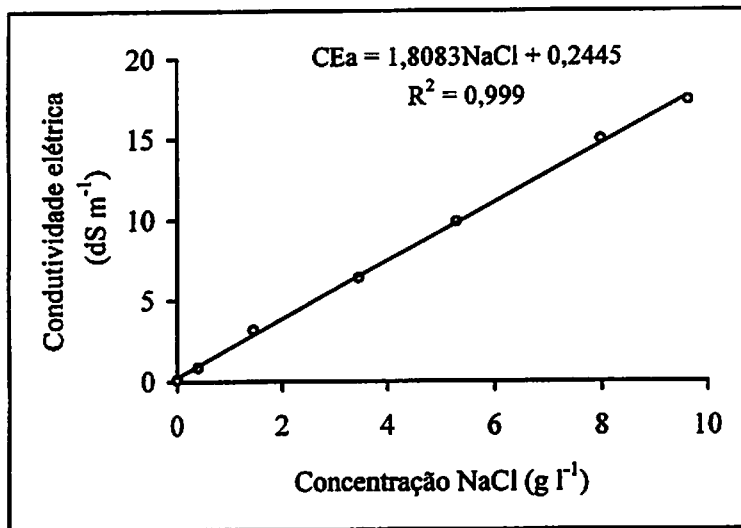


FIGURA 2. Condutividade elétrica em função dos teores de NaCl.

3.7 Parâmetros avaliados

3.7.1 Parâmetros da planta

3.7.1.1 Número de dias para o florescimento

As plantas foram monitoradas durante a fase vegetativa e registrada a data de mudança para fase reprodutiva, que ocorreu quando, em cada planta, pelo menos uma flor atingiu a antese, como relata Medeiros (1998).

3.7.1.2 Diâmetro do colo

Aos 35, 50, 65 e 80 dias após o transplântio (DAT) foram medidos os diâmetros de caule de cada planta a 2 cm da superfície do solo, na haste principal, usando um paquímetro.

3.7.1.3 Altura

Aos 35, 50, 65 e 80 DAT foram medidas as alturas das plantas da base ao ápice, utilizando-se uma régua graduada.

3.7.1.4 Massa seca dos frutos

Na primeira e terceira colheita, todos os frutos de cada planta foram submetidos a uma pré-secagem por 48 horas a sol e, depois, armazenados em sacos de papel e colocados em estufa a 65°C por 48 horas para a obtenção da massa seca (Nannetti, 2001). Segundo o autor, para a avaliação da massa seca é indicada a coleta dos frutos na primeira colheita e na colheita chamada de “pico de produção” que, no atual experimento, se deu na terceira colheita.

3.7.1.5 Número de frutos com podridão apical

Após cada colheita foram analisados e registrados os frutos que possuíam o sintoma de podridão apical.

3.7.1.6 Produção de frutos por classe e total

Foi aplicada metodologia de classificação realizada por Nannetti (2001). A produção total dos frutos foi o resultado da soma do peso da matéria fresca dos frutos em 10 colheitas (realizadas semanalmente), obtendo-se assim o número total de frutos.

Os frutos foram separados por classe, de acordo com seu comprimento e diâmetro e classificados em:

Tipo 1: 12 a 18 cm de comprimento e 7 a 12 de diâmetro;

Tipo 2: 7 a 12 cm de comprimento e 4 a 7 de diâmetro;

Tipo 3: menor que 7 cm de comprimento e 4 cm de diâmetro.

Todos os frutos Tipo 3 e os que apresentaram danos fisiológicos foram considerados como refugo. Assim, após classificação, pôde-se obter o número de frutos comerciais, a produção comercial e a produção de refugos.

3.7.1.7 Índice de qualidade dos frutos (IQ)

Foi determinado nas 10 primeiras colheitas, conforme Zanini et al., (1995), o índice de qualidade dos frutos (Equação 8). É um parâmetro que indica a qualidade do produto, sendo classificado como de melhor qualidade aquele que obtiver maiores valores.

$$IQ = \frac{3 \times T_1 + 2 \times T_2 + T_3}{6 \times T_1} \quad (8)$$

em que, T_1 , T_2 e T_3 é o número de frutos tipos 1, 2 e 3, respectivamente.

3.7.1.8 Análise foliar

Após o encerramento da fase vegetativa, foram coletadas 5 folhas em cada planta, obtendo-se três amostras por tratamento, que foram enviadas ao Laboratório de Análise Foliar da UFLA, onde foram obtidos os teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e sódio.

3.7.1.9 Eficiência do uso da água (EU)

Esse parâmetro foi obtido por meio da relação produtividade média comercial de cada planta e seu respectivo consumo de água durante o período estudado.

3.7.1.10 Fator de resposta k_y da cultura do pimentão

Para quantificar os efeitos do estresse hídrico causado pela diminuição do potencial osmótico, utilizou-se a metodologia proposta por Doorenbos e Kassam (1994). Relacionou-se a queda de rendimento relativo com o déficit de evapotranspiração relativa, obtendo-se um coeficiente (k_y) denominado “fator de resposta”, ou seja:

$$\left(1 - \frac{Y_r}{Y_m}\right) = k_y \times \left(1 - \frac{ET_r}{ET_m}\right) \quad (9)$$

em que,

Y_r – produção relativa (g/planta);

Y_m – produção máxima (g/planta);

ET_r – evapotranspiração real da cultura (mL/planta);

ET_m – evapotranspiração máxima da cultura (mL/planta);

k_y – fator de resposta da cultura ao déficit hídrico (adimensional).

O rendimento potencial (Y_m) e a evapotranspiração potencial (ET_m) foram obtidos do tratamento correspondente a CEa de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ em todas as lâminas de lixiviação; a produção relativa (Y_r) e a evapotranspiração real (ET_r) foram obtidos a partir das CEa de 1,5; 3,5 e 5,5 dS m^{-1} (em relação ao tratamento $0,1 \text{ dS m}^{-1}$).

3.7.2 Parâmetros do solo

3.7.2.1 Condutividade elétrica do extrato de saturação

Aos 40, 60, 80 DAT e após término da experimentação (116 DAT), foram coletadas amostras de solo (200 g) das 6 repetições, obtendo-se 3 amostras compostas de 400 g para cada tratamento, determinando-se os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes). Em

laboratório, essas amostras passaram por uma preparação, consistindo basicamente em misturar terra fina seca ao ar (TFSA) com água destilada de maneira a obter a “pasta saturada”. Esta pasta foi, então, após repouso, colocada num funil de extração com papel de filtro de alta retenção. Aplicou-se sucção, coletando-se o extrato. A determinação de CE_t foi feita logo após a preparação do extrato, sendo o resultado expresso em temperatura padrão de 25°C (Richards, 1954). Para isso multiplicou-se a CE_t medida a uma temperatura t°C pelo fator f_t para transformá-la na CE correspondente a 25°C (Tabela 8).

TABELA 8. Fator de correção da condutividade elétrica, em função da temperatura ($CE_{25} = CE_t * f_t$).

T° C	15	17	19	21	23	25	27	29	31
f _t	1,247	1,189	1,136	1,087	1,043	1,000	0,960	0,925	0,890

Pizarro(1985).

3.7.2.2 Razão de adsorção de sódio (RAS) e porcentagem de sódio trocável (PST)

Ao final do experimento foram obtidos os valores de RAS e PST por meio das equações 1 e 2. Com os valores de RAS e PST pôde-se classificar o solo de cada tratamento, após o experimento, quanto à salinidade e sodicidade.

3.7.2.3 Teores de alguns nutrientes no solo

Ao final do experimento, foram enviadas amostras compostas de solo de cada tratamento ao Laboratório de Fertilidade da UFLA, com o intuito de avaliação dos teores de magnésio, fósforo, cálcio, potássio, alumínio e sódio no solo.

3.7.3 Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância para as médias de todos os parâmetros avaliados, utilizando-se o teste de distribuição F a 1% e 5% de probabilidade. Para comparação das médias consideradas usou-se teste de regressão. Para essas análises foi utilizado o “software” Sisvar para Windows versão 4.3 (Ferreira, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características climáticas

4.1.1 Temperatura

As temperaturas máxima e mínima estão apresentadas na Figura 3.

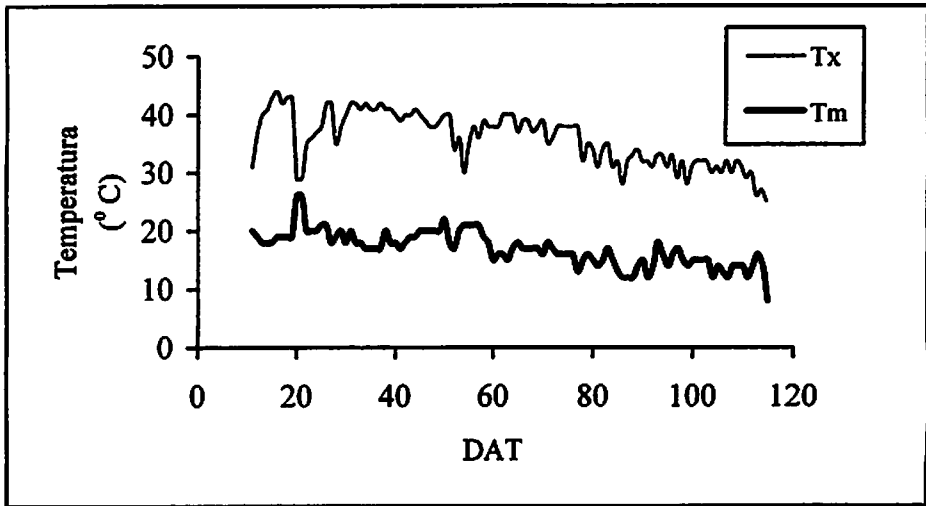


FIGURA 3. Temperaturas máximas (Tx) e mínimas (Tm) no interior da casa de vegetação, ocorridas durante a condução do experimento.

As temperaturas máximas atingidas no interior da casa de vegetação ficaram entre 28°C e 44°C com média máxima de 32°C, enquanto as temperaturas mínimas atingidas no mesmo período ficaram entre 9°C e 26°C com a mínima média de 18°C. Na Tabela 9 são mostrados os valores das temperaturas máxima e mínima em cada fase da cultura do pimentão, citados por Nannetti & Souza (1998), e as médias encontradas no atual experimento. Nota-se que, durante o desenvolvimento vegetativo, as temperaturas médias foram superiores às citadas pelos autores. O que deve ser levado em consideração é que não houve influência direta da temperatura na condução da cultura durante essa

fase, haja visto que a duração da fase vegetativa foi de apenas 25 dias. Quando a cultura alcançou o desenvolvimento reprodutivo, as temperaturas aproximaram-se daquelas indicadas pelos autores.

TABELA 9. Temperaturas máxima (Tx) e mínima (Tm) indicadas por Nannetti & Souza (1998), e as encontradas no atual experimento, durante as fases vegetativa (A) e reprodutiva (B) do pimentão.

Estádio	DAT	Tm Nannetti & Souza (1998)	Tm média (experimento)	Tx Nannetti & Souza (1998)	Tx média (experimento)
A	10-35	16 ° C	19° C	25 ° C	35 ° C
B	36-116	18 ° C	20° C	35 ° C	34° C

4.1.2 Umidade relativa

Na Figura 4 são apresentados os valores das umidades relativas ocorridas durante a experimentação (máxima e mínima). Nota-se que a umidade máxima oscilou entre 60% a 100% , a mínima entre 24% e 63% e as médias entre 59% e 82%. Durante o cultivo, nos momentos de excesso de umidade que poderia favorecer o aparecimento de doenças, intensificaram-se os tratamentos preventivos com pulverizações. Quando a umidade esteve abaixo do normal, notou-se uma queda acentuada de frutos, ocorrida em todos tratamentos. Em todo o ciclo de experimentação, a umidade média poucas vezes superou a 70% , que é o máximo aceitável e indicado, conforme Cermeño (1988).

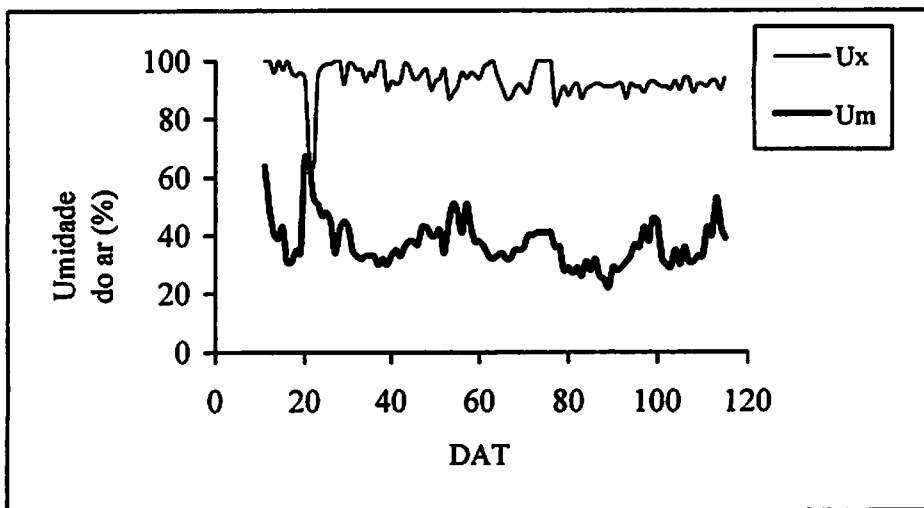


FIGURA 4. Umidades máximas (U_x) e mínimas (U_m) no interior da casa de vegetação, ocorridas durante a condução do experimento.

4.2 Características da cultura

4.2.1 Produções total e comercial

Na Tabela 10 é apresentado o resumo da análise de variância e valores médios das produções total e comercial. Verifica-se que a salinidade da água de irrigação (CEa), as lâminas de lixiviação (LL), bem como a interação entre esses fatores, influenciaram significativamente tanto a produção total quanto a comercial.

TABELA 10. Resumo da análise de variância com os níveis de significância das produções total (PT) e comercial (PC), em g/planta.

		Fontes de variação			CV (%)	Média geral
		CEa	LL	CEa x LL		
Graus de liberdade		3	3	9		
QM	PT	3844286,32*	424327,62*	370261,21*	21,25	1201,68
	PC	5448764,97*	283164,79*	351013,97*	21,16	980,02

*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; QM = quadrado médio; CV = coeficiente de variação.

Na Tabela 11 é apresentado o resumo da análise de variância para os desdobramentos entre os fatores, na qual constata-se que, apenas para o nível de salinidade da água de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$, houve diferença entre as lâminas de irrigação.

Tabela 11. Resumo da análise de variância do desdobramento entre os fatores analisados, para as produções total (PT) e comercial (PC).

FV	Desd.	GL	PT		PC	
			QM	GL	QM	GL
$0,1 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	1421847,9*	3	1185403,3*	
$1,5 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	40196,4 ^{NS}	3	42304,2 ^{NS}	
$3,5 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	58831,8 ^{NS}	3	107524,68 ^{NS}	
$5,5 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	14235 ^{NS}	3	974,37 ^{NS}	
LL 0%	CEa	3	1762504,4*	3	2440238,4*	
LL 30%	CEa	3	2066896,9*	3	2516605,2*	
LL 60%	CEa	3	715359,69*	3	1018800,3*	
LL 90%	CEa	3	410308,8*	3	526162,82*	

NS = não significativo pelo teste F; *significativo a 1% pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

Verificou-se uma queda das produções com o aumento da lâmina de lixiviação (Figura 5), para o nível de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$, caracterizando uma possível

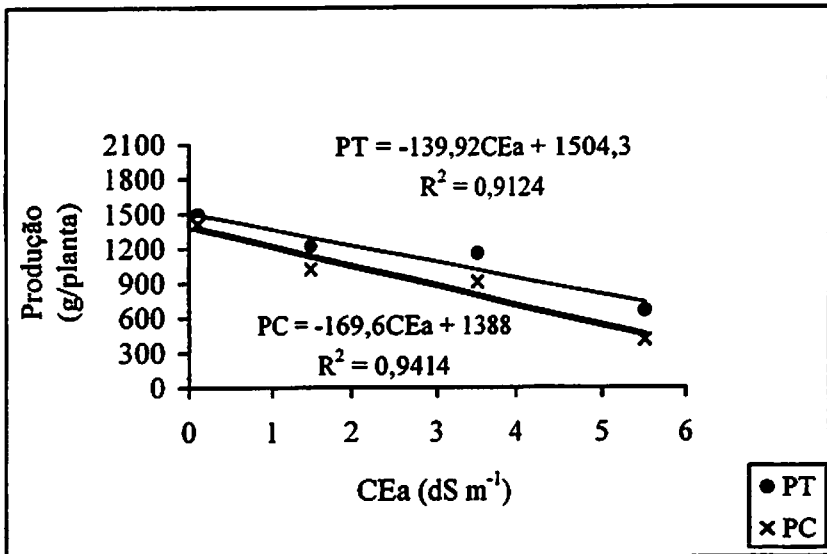


FIGURA 8. Produções total e comercial média (g/planta), em função da salinidade da água de irrigação, para LL de 60%.

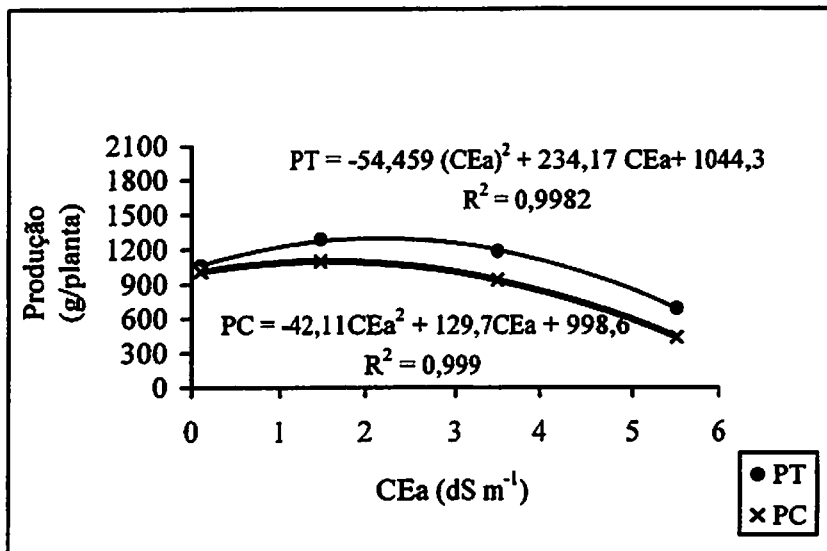


FIGURA 9. Produções total e comercial média (g/planta), em função da salinidade da água de irrigação, para LL de 90%.

Verificou-se que, para a LL de 90%, a redução da produção não foi tão brusca quanto nas outras LL. Para baixos valores de CEa, a produção foi reduzida devido à lavagem dos sais e, com o aumento da CEa, houve um aumento da CEes, reduzindo também a produção.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lima (1998) o qual obteve redução na produção da cultura do feijoeiro com o aumento da salinidade da água de irrigação, independente da fração de lixiviação. Entretanto, o mesmo autor encontrou uma tendência de incremento da produção com o aumento da fração de lixiviação, independente da salinidade da água de irrigação, o que difere do atual experimento.

Outro autor que constatou resultados semelhantes foi Medeiros (1998), que verificou redução no rendimento da cultura do pimentão cultivar "Luis" com o aumento da salinidade da água de irrigação. Nesse trabalho as lâminas de lixiviação não afetaram o rendimento da cultura, concordando com o presente estudo, quando se leva em consideração água com adição de sal.

Diversas culturas apresentaram respostas similares à do pimentão, havendo queda nas produções com o aumento da salinidade da água, como o feijoeiro comum cultivar Eriparza, a alface americana, a berinjela e o feijoeiro cultivar ESAL 686, como citam Borella (1986), Gervásio et al. (2000), Marques (2003) e Santana et al. (2003), respectivamente.

Já Blanco (1999) não encontrou diferença significativa nas produções total e comercial da cultura do pepino enxertado, quando irrigado com diferentes níveis de sal na água de irrigação e lâminas de lixiviação. Entretanto, segundo o autor, a pequena redução da produtividade obtida com o aumento da salinidade da água de irrigação pode estar relacionada com a cultivar utilizada, às condições de clima e solo em que o experimento foi conduzido e a maior tolerância do pepino enxertado à salinidade em relação ao não enxertado.

Na Figura 10 são apresentados os valores das reduções da produção comercial (PC), em função da condutividade elétrica da água de irrigação, para as diferentes lâminas de lixiviação. Verifica-se que houve uma redução de PC com acréscimo de sal na água de irrigação. Os modelos quadráticos foram ajustados e as equações encontram-se citadas na Tabela 12. Observam-se maiores diferenças de PC entre as LL quando a concentração de sais na água varia entre 1,5 e 3,5 dS m^{-1} .

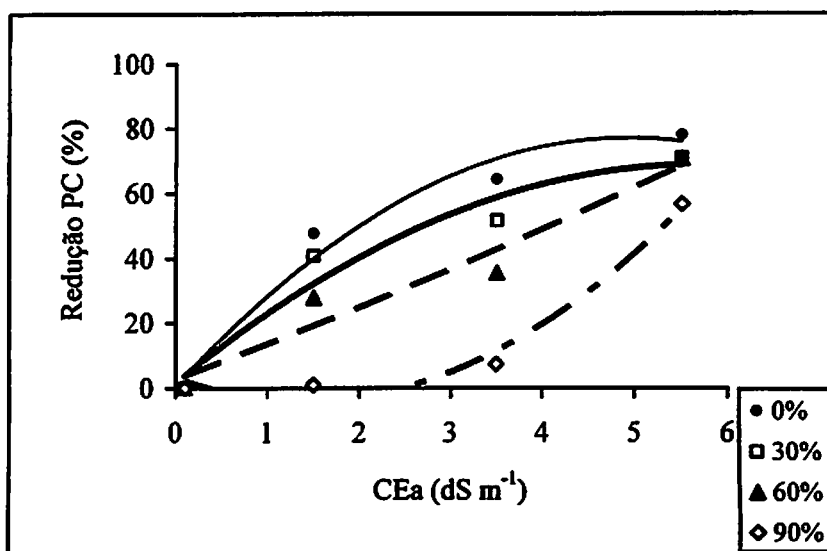


FIGURA 10. Redução na produção comercial em função da CEa para as diferentes lâminas de lixiviação.

TABELA 12. Equações de redução da produção em função da CEa para as diferentes lâminas de lixiviação.

Lixiviação	Equações	R ²
0%	Red. PC (%) = -3,1768(CEa) ² + 31,246CEa + 0,3	0,96
30%	Red. PC (%) = -2,07 (CEa) ² + 23,64 CEa + 1,4	0,94
60%	Red. PC (%) = 0,25 (CEa) ² + 10,57 CEa + 2,7	0,94
90%	Red. PC (%) = 3,57 (CEa) ² - 10,135 CEa + 3,1	0,97

Na Tabela 13 é apresentada a queda da produção comercial obtida no presente estudo, comparada com informações citadas por Ayers & Westcot (1991). Para a obtenção desses valores, foi considerada como salinidade limiar a sugerida pelos autores e de valor igual a 1,0 dS m⁻¹. A partir deste foram ajustados os demais valores de redução por meio das equações da Tabela 12. Verifica-se que há pouca diferença entre queda de produção informada pelos autores e os valores obtidos no presente estudo.

TABELA 13. Redução na produção comercial, encontrada no atual experimento e em Ayers & Westcot (1991), em função da CEa.

CEa (dS m ⁻¹)	Queda produção(Ayers & Westcot)	Queda PC para LL 0%
1,0	0%	0%
1,5	10%	8,95%
2,2	25%	21,5%
3,4	50%	43,0%

4.2.2 Produção comercial relativa e de refugos

Na Tabela 14 são apresentados a análise de variância e os valores médios de produção de refugos e das produções relativa de refugos (que é a

porcentagem de frutos refugados em relação ao total) e comercial (que é a porcentagem de frutos comerciais em relação ao total). Observa-se que houve diferença significativa entre as lâminas de lixiviação e níveis de salinidade da água para todas as variáveis, porém, para a interação entre os fatores, não houve diferença significativa. Houve um acréscimo da produção comercial relativa com o aumento da lâmina de lixiviação e, conseqüentemente, uma menor produção relativa de refugos (Figura 11).

TABELA 14. Resumo da análise de variância com os níveis de significância da produção comercial relativa (PCR), produção total de refugos em g/planta (PTR) e da produção relativa de refugos (PRR).

		Fontes de variação			CV (%)	Média geral
		CEa	LL	CEa x LL		
Graus de liberdade		3	3	9		
QM	PCR(%)	5040,43*	326,17*	26,34 ^{NS}	5,27	77,79
	PTR	166596,56*	48163,23*	1708,83 ^{NS}	33,97	220,93
	PRR(%)	5087,16*	333,33*	24,852 ^{NS}	18,45	22,14

*significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; NS = não significativo pelo teste F; QM = quadrado médio.

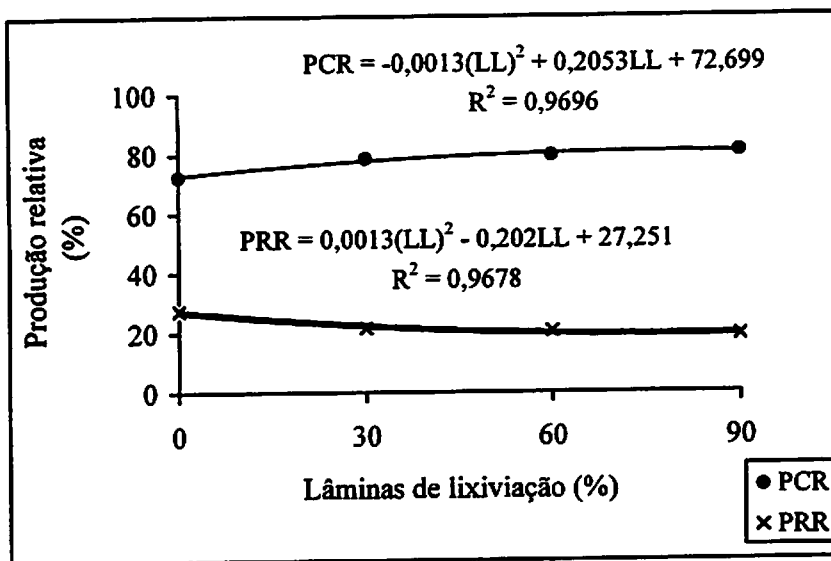


FIGURA 11. Produção comercial relativa (PCR) e produção relativa de refugos (PRR) em função das lâminas de lixiviação.

Com o incremento da salinidade da água de irrigação foi verificada uma queda da produção comercial relativa, redundando em aumento da produção relativa de refugos (Figura 12), concordando com o que foi encontrado por Marques (2003), quando cultivou berinjela em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Na Figura 13 é apresentada a variação da produção de refugos em função das lâminas de lixiviação, mostrando que o aumento da LL, de maneira geral, contribuiu para uma menor CEes e, conseqüentemente, melhorou a produção comercial. A Figura 14 mostra que há um aumento de refugos quando a CEa aumenta. O aumento da CEa, de modo geral, contribui para o aumento da CEes que por sua vez, dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas, redundando em um maior número de frutos deformados.

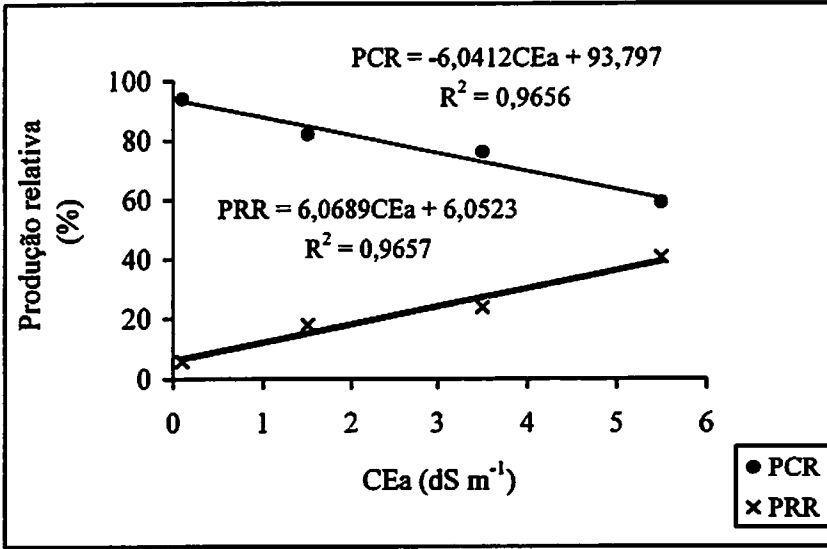


FIGURA 12. Produção relativa comercial e de refugos (%), em função da salinidade da água de irrigação.

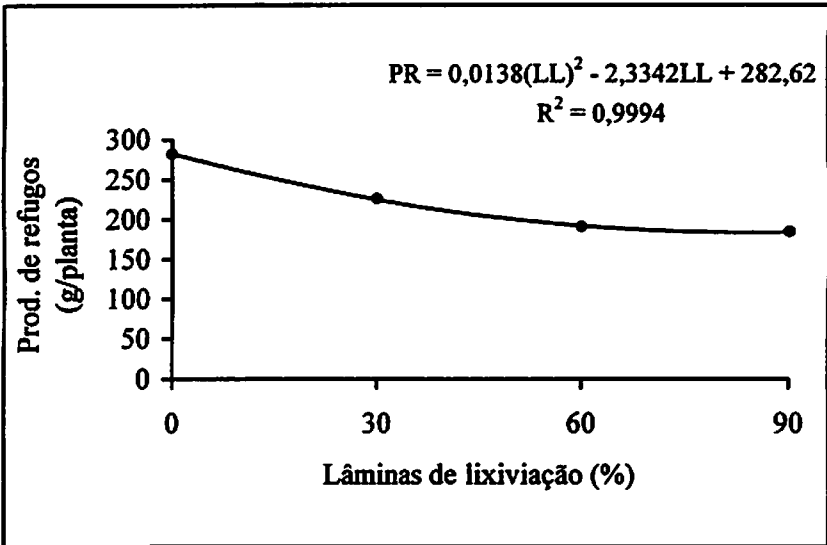


FIGURA 13. Produção de refugos (g/planta), em função das lâminas de lixiviação.

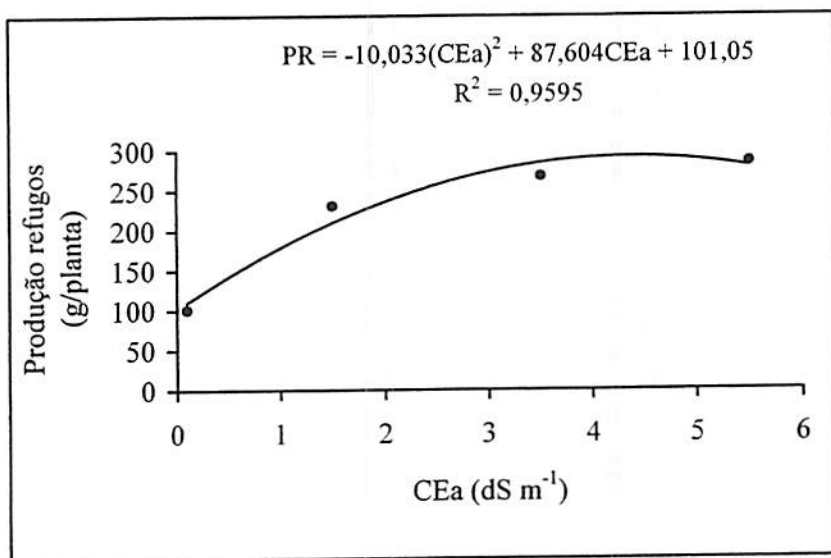


FIGURA 14. Produção de refugos (g/planta), em função da salinidade da água de irrigação.

4.2.3 Número de frutos (total e comercial)

Tendência semelhante às produções comercial e total foi observada para o número total de frutos (NTF) e de frutos comerciais (NFC), apresentando diferença significativa entre as lâminas, condutividade elétrica e a interação LL x CEa, para o NFC e NTF, conforme mostra Tabela 15.

Na Tabela 16 é apresentado o resumo da análise de variância entre os fatores, na qual observa-se diferença significativa entre as LL apenas para o nível de 0,1 dS m⁻¹ e, entre a salinidade da água de irrigação, houve diferença significativa, independente da lâmina aplicada, tanto para NFC quanto NTF.

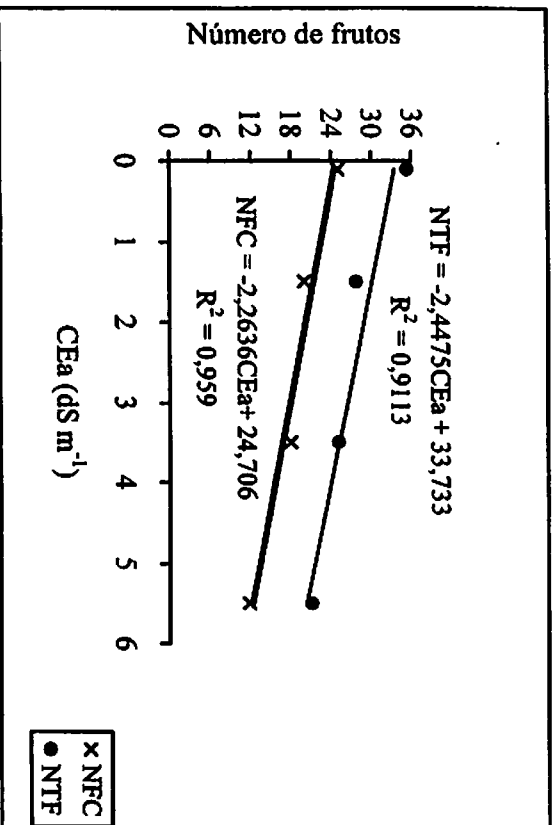


FIGURA 16. Número de frutos comerciais e total, em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 0%.

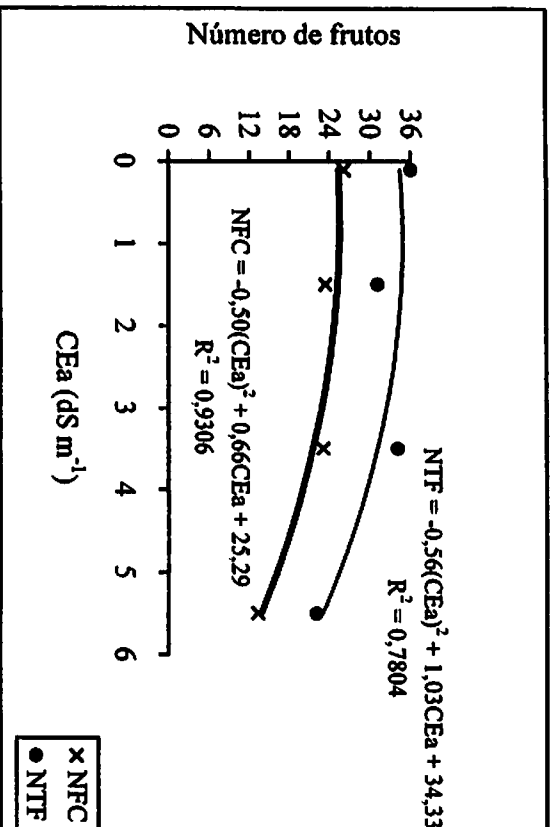


FIGURA 17. Número de frutos comerciais e total, em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 30%.

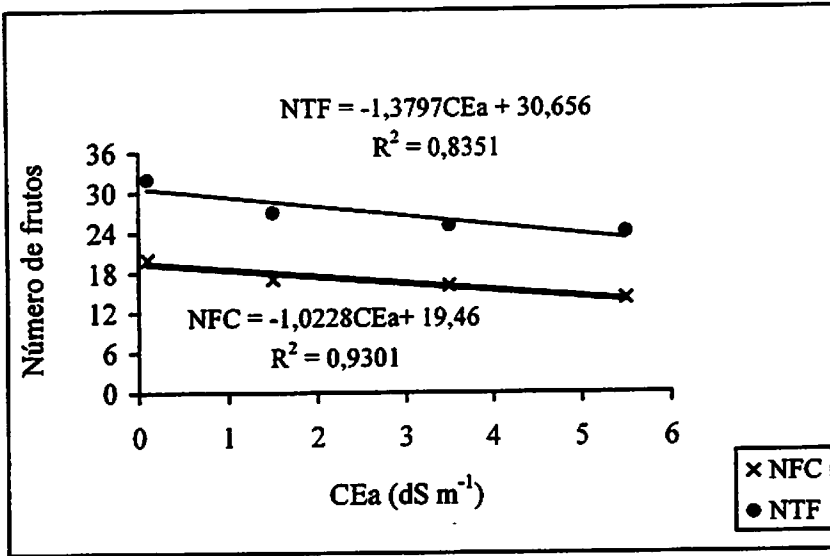


FIGURA 18. Número de frutos comerciais e total, em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 60%.

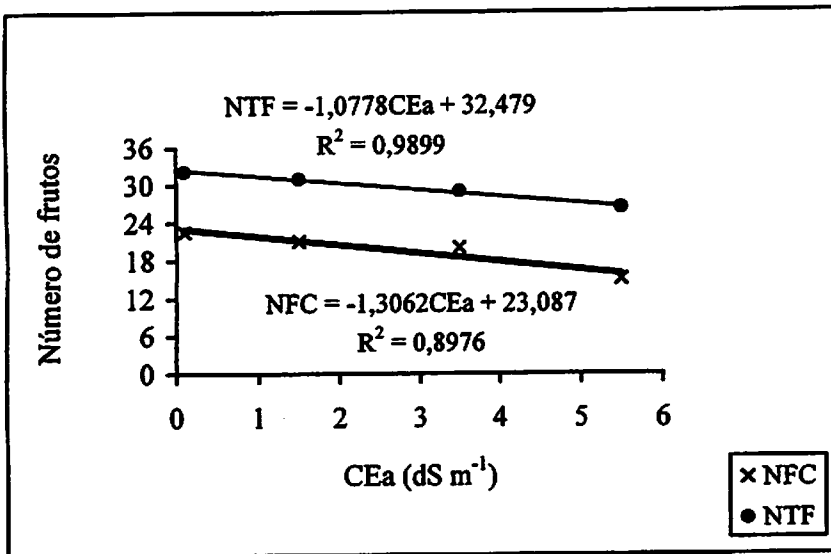


FIGURA 19. Número de frutos comerciais e total, em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 90%.

4.2.4 Altura e diâmetro do colo das plantas

Houve diferença significativa entre os níveis de CEa para a altura e diâmetro do colo das plantas, em todas as datas de coleta. As LL não afetaram esses parâmetros, bem como a interação entre os fatores, independente do DAT (Tabela 17).

TABELA 17. Resumo da análise de variância com os níveis de significância de altura da plantas em cm (AP) e diâmetro do colo em mm (DC).

Graus de liberdade		Fontes de variação			CV (%)	Média geral
		CEa	LL	CEa x LL		
		3	3	9		
QM	AP 35 DAT	102,3*	39,14 ^{NS}	17,03 ^{NS}	8,22	56,61
	DC 35 DAT	1,66**	0,344 ^{NS}	0,483 ^{NS}	9,56	8,07
	AP 50 DAT	917,2*	273,4 ^{NS}	72,3 ^{NS}	9,46	77,59
	DC 50 DAT	12,79*	1,54 ^{NS}	0,693 ^{NS}	8,9	10,09
	AP 65 DAT	976,0*	303,4 ^{NS}	171,3 ^{NS}	13,51	79,82
	DC 65 DAT	19,73*	2,224 ^{NS}	0,863 ^{NS}	7,43	10,19
	AP 80 DAT	1200,1*	204,9 ^{NS}	45,13 ^{NS}	9,88	84,80
	DC 80 DAT	20,87*	1,144 ^{NS}	0,643 ^{NS}	6,68	10,81

*significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; QM = quadrado médio; NS = não significativo pelo teste F.

Com o aumento da salinidade da água de irrigação, houve um decréscimo do diâmetro do colo e da altura das plantas, nas diferentes datas após o transplântio (DAT), conforme Figuras 20 e 21. Novamente é evidenciado que, com o aumento da CEa, haverá uma tendência de aumento da CEes, podendo reduzir a evapotranspiração da cultura e, conseqüentemente, seu crescimento. As equações das Figuras 20 e 21 encontram-se na Tabela 18.

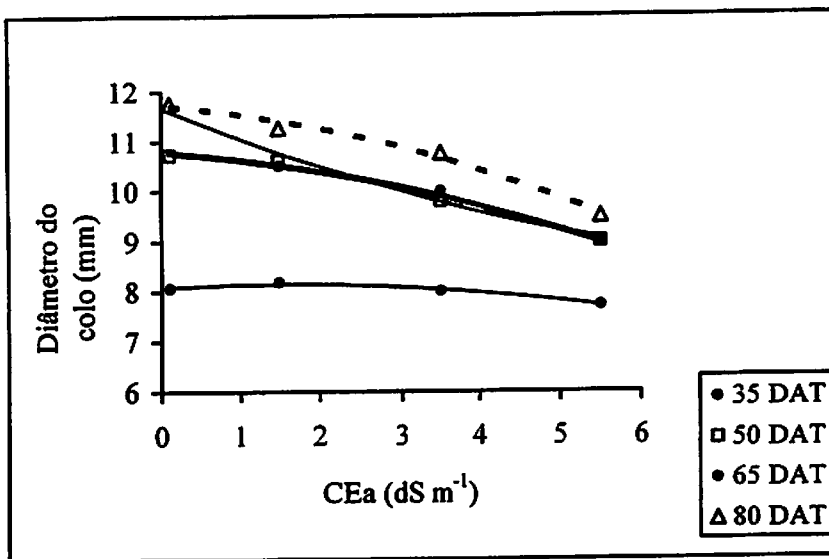


FIGURA 20. Diâmetro do colo da planta (mm), em função da salinidade da água de irrigação, para diferentes DAT.

TABELA 18. Equações de diâmetro do colo e altura de plantas, em função da salinidade da água.

Parâmetro	DAT	Equação	R ²
DC (mm)	35	$-0,0282(CEa)^2 + 0,0872CEa + 8,0729$	0,97
DC (mm)	50	$-0,0372(CEa)^2 - 0,124CEa + 10,78$	0,98
DC (mm)	65	$0,033(CEa)^2 - 0,6546CEa + 11,671$	0,96
DC (mm)	80	$-0,0473(CEa)^2 - 0,1362CEa + 11,715$	0,98
AP (cm)	35	$-0,2085(CEa)^2 + 0,125CEa + 57,74$	0,98
AP (cm)	50	$-0,6079(CEa)^2 + 0,8694CEa + 81,799$	0,99
AP (cm)	65	$-0,0218(CEa)^2 - 2,5224CEa + 86,429$	0,99
AP (cm)	80	$-0,3653(CEa)^2 - 0,8253CEa + 90,775$	0,99

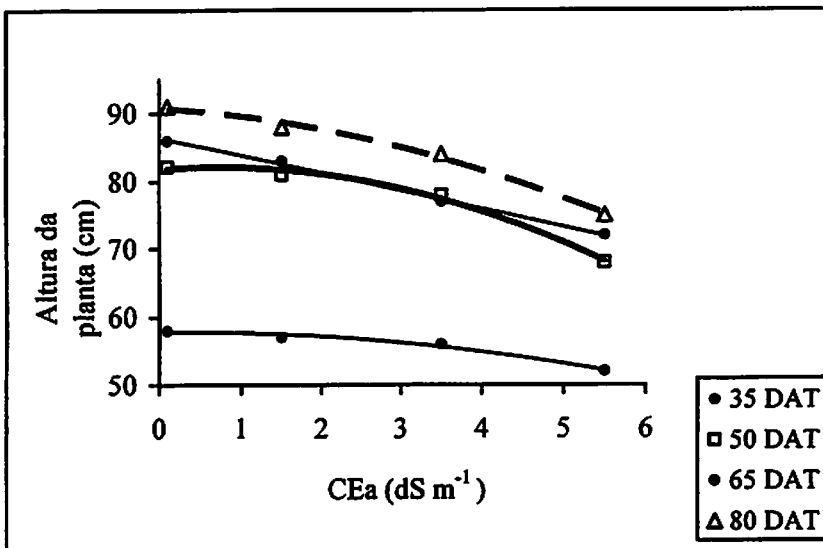


FIGURA 21. Altura das plantas (cm), em função da salinidade da água de irrigação, para diferentes DAT.

Provavelmente, o aumento da pressão osmótica afetou as variáveis vegetativas citadas e, conseqüentemente, pode ter redundado em menores produções, como mostrado. Resultados semelhantes foram encontrados por Marques (2003), mostrando que a altura da planta de berinjela bem como o diâmetro da haste foram influenciados negativamente com o aumento da salinidade da água de irrigação.

4.2.5 Número de dias para o florescimento e índice de qualidade dos frutos

Na Tabela 19 é apresentado o tempo em que as plantas de pimentão levaram para iniciar o estágio reprodutivo.

Na Tabela 20 encontra-se o resumo da análise de variância para essa variável. Verifica-se que a CEa e a LL não afetaram de forma significativa o

início do florescimento, ocorrido por volta de 34 a 35 dias após o transplântio para todos os tratamentos.

TABELA 19. Média da idade até o florescimento (ocasião em que 50% das plantas apresentaram antese conforme, Medeiros , 1998).

Tratamento	Dias após o transplântio (DAT)
0 _{0,1}	34
0 _{1,5}	35
0 _{3,5}	35
0 _{5,5}	35
30 _{0,1}	33
30 _{1,5}	35
30 _{3,5}	33
30 _{5,5}	34
60 _{0,1}	33
60 _{1,5}	34
60 _{3,5}	34
60 _{5,5}	35
90 _{0,1}	35
90 _{1,5}	34
90 _{3,5}	34
90 _{5,5}	35

TABELA 20. Resumo da análise de variância com níveis de significância para número de dias para o florescimento (FLO) .

		Fontes de variação			CV (%)	Média geral(dias)
		CEa	LL	CEa x LL		
Graus de liberdade		3	3	9		
QM	FLO	2,87 ^{NS}	7,84 ^{NS}	3,48 ^{NS}	7,09	34,89

NS= não significativo, pelo teste F; QM = quadrado médio.

Esse resultado concorda com o obtido por Medeiros (1998), para quem não houve diferença significativa entre os tratamentos de salinidade e lâmina

relativa de irrigação, quando esses tratamentos foram aplicados na cultura do pimentão. Ainda segundo o mesmo autor, os valores de CEa aplicados em seu experimento foram acima da salinidade limiar sugerida na literatura (alguns tratamentos), para todo o ciclo da cultura, que é de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$. Entretanto nesse trabalho, a salinidade resultante da aplicação da água com concentração variada não foi suficiente para afetar o início da floração, embora Doorenbos & Kassam (1994) salientem que o cultivo do pimentão seja mais sensível na fase inicial de crescimento. Tanto no experimento citado acima quanto no atual, constatou-se maior tolerância da cultura à salinidade e à lâmina de lixiviação na fase inicial de crescimento da cultura (caracterizado por não ter havido diferença significativa na floração), devido ao fato do transplantio ter sido realizado aos 50 dias após semeadura (DAS) no experimento citado e aos 35 DAS no presente experimento, tendo havido pouco tempo de exposição ao tratamento de condições salinas.

Na Tabela 21 são mostrados os valores de significância do índice de qualidade dos frutos. Para essa variável, a tendência foi semelhante ao encontrado para produções total e comercial, em que a CEa, a LL e a interação entre os fatores apresentaram-se significativos. Com o desdobramento dos fatores, obtiveram-se resultados significativos apenas para a CEa de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ e para todas as LL quando se varia a CEa (Tabela 22).

TABELA 21. Resumo da análise de variância com níveis de significância para o índice de qualidade de frutos (IQ).

		Fontes de variação			CV (%)	Média geral
Graus de liberdade		CEa	LL	CEa x LL		
QM	IQ	3	3	9	10,03	0,192
		0,017*	0,002*	0,0008**		

*significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; **significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; QM = quadrado médio.

TABELA 22. Resumo da análise de variância e desdobramento entre os fatores analisados, para o índice de qualidade dos frutos (IQ).

FV	Desd.	GL	IQ
			QM
0,1 dS m ⁻¹	LL	3	0,0039*
1,5 dS m ⁻¹	LL	3	0,0017 ^{NS}
3,5 dS m ⁻¹	LL	3	0,00038 ^{NS}
5,5 dS m ⁻¹	LL	3	0,00018 ^{NS}
LL 0%	CEa	3	0,0078*
LL 30%	CEa	3	0,0045*
LL 60%	CEa	3	0,0058*
LL 90%	CEa	3	0,0013**

NS = não significativo, pelo teste F; *significativo a 1% , pelo teste F; ** significativo a 5% , pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade.

As LL tiveram efeito na redução do IQ quando irrigou-se com água de 0,1 dS m⁻¹(Figura 22). Mais uma vez, é verificado que, irrigando-se com água de baixa concentração salina e em excesso, pode haver uma lavagem de sais e uma falta de aeração no solo, o que pode provocar diminuição de frutos de melhor qualidade.

Independente da LL, houve redução da qualidade com aumento da salinidade da água de irrigação (Figuras 23, 24, 25 e 26). Assim, houve uma ação negativa da salinidade da água de irrigação na qualidade do pimentão, tendo sido obtidos os melhores frutos quando irrigou-se com água de 0,1 dS m⁻¹. O excesso de sal na água de irrigação contribuiu para o aumento da CEes, dificultando a absorção de água pelas plantas e, conseqüentemente, diminuindo a qualidade dos frutos.

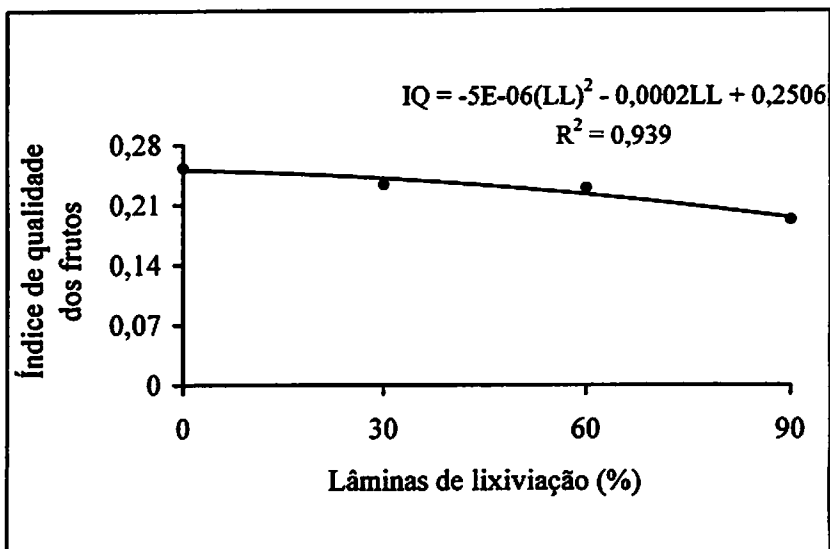


FIGURA 22. Índice de qualidade dos frutos em função das LL irrigada com CEa de 0,1 dS m⁻¹.

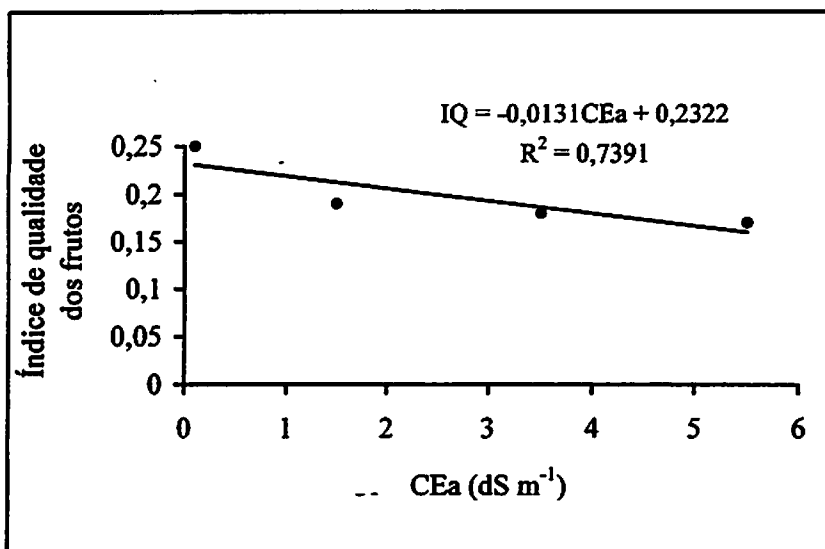


FIGURA 23. Índice qualidade dos frutos em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 0%.

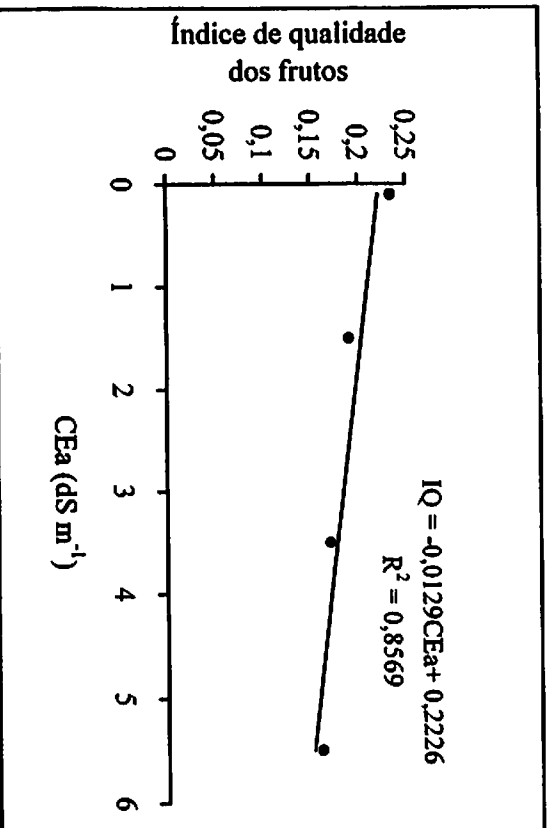


FIGURA 24. Índice de qualidade dos frutos em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 30%.

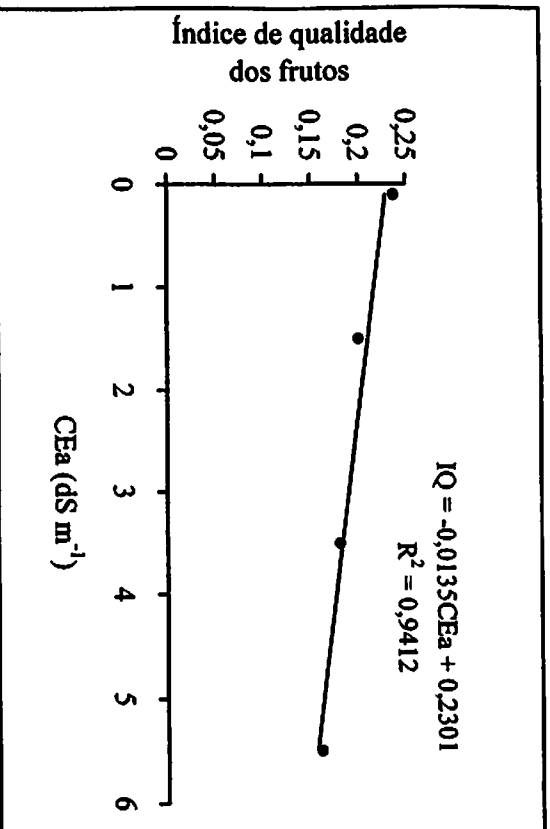


FIGURA 25. Índice de qualidade dos frutos em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 60%.

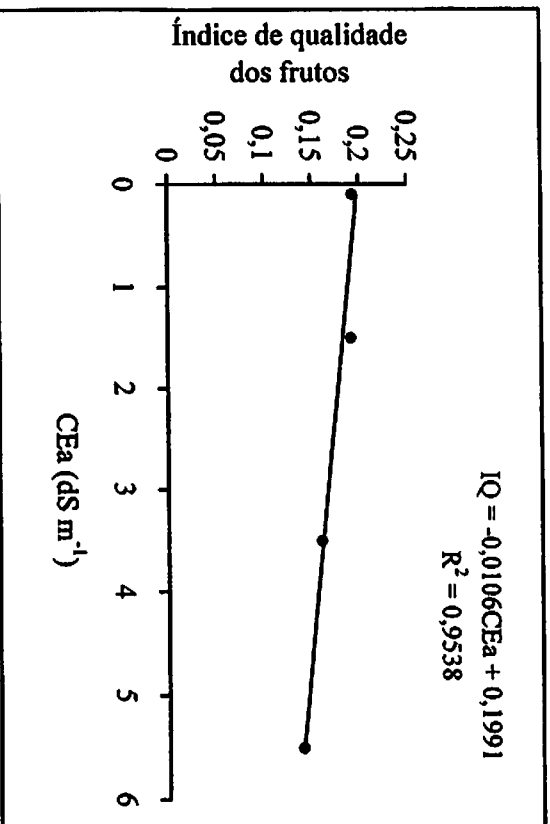


FIGURA 26. Índice de qualidade dos frutos em função da salinidade da água de irrigação, para lâmina de lixiviação de 90%.

4.2.6 Número de frutos com podridão apical

A salinidade da água de irrigação afetou significativamente o número de frutos com podridão apical, conforme Tabela 23.

TABELA 23. Resumo da análise de variância com níveis de significância para o número de frutos com podridão apical (NPPA).

Fontes de variação			CV	Medida
	CEa	LL	CEa x LL	(%) geral
Graus de liberdade	3	3	9	
QM	514,12*	0,734 ^{NS}	11,268 ^{NS}	46,97 6,11

*significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; NS= não significativo, pelo teste F; QM = quadrado médio.

Com o aumento de sal na água de irrigação houve um acréscimo do número de frutos com podridão apical (Figura 27). O desequilíbrio nutricional, que ocasiona essa anomalia, é favorecido por fatores predisponentes comuns na cultura. Assim como houve uma concentração excessiva de sódio, ocorreu uma deficiente absorção de cálcio, mesmo havendo um teor adequado no solo. Utilizando-se adubação pesada e desequilibrada, a competição iônica na absorção e utilização de nutrientes, desvantajosa para cálcio, certamente ocorre (Filgueira, 2000).

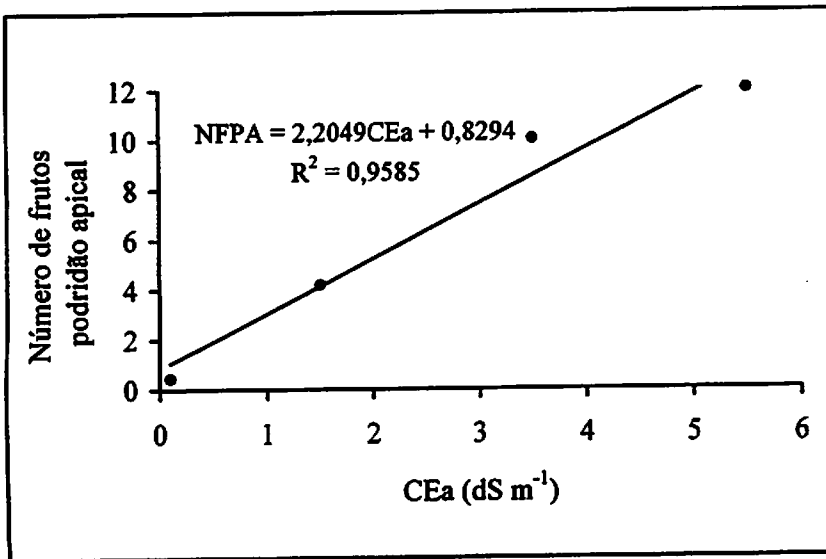


FIGURA 27. Frutos com podridão apical em função da salinidade da água de irrigação.

4.2.7 Massa seca dos frutos

Na Tabela 24 são apresentados o resumo da análise de variância e os valores médios da massa seca dos frutos da primeira e terceira colheitas. A condutividade elétrica da água e as lâminas de lixiviação influenciaram significativamente a massa seca nas duas datas de colheita. A interação foi

significativa apenas para a massa seca da terceira colheita e, com o desdobramento dos fatores, constatou-se diferença significativa entre as LL apenas quando irrigou-se com águas de 0,1 dS m⁻¹. Para as CEa houve diferença significativa independente da LL (Tabela 25).

Tabela 24. Resumo da análise de variância com os níveis de significância de massa seca dos frutos da primeira (MS₁) e terceira (MS₃) colheita (g).

		Fontes de variação			CV (%)	Média geral
		CEa	LL	CEa x LL		
Graus de liberdade		3	3	9		
QM	MS ₁	1154,85*	663,12*	146,08 ^{NS}	52,9	25,97
	MS ₃	43598,4*	6175,6*	4983,0**	51,94	75,42

*significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; ** significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS = não significativo, pelo teste F; QM = quadrado médio.

Tabela 25. Resumo da análise de variância do desdobramento entre os fatores analisados, para a massa seca dos frutos da terceira colheita (MS₃).

FV	Desd.	MS ₃	
		GL	QM
0,1dS m ⁻¹	LL	3	16511,4*
1,5 dS m ⁻¹	LL	3	1027,4 ^{NS}
3,5 dS m ⁻¹	LL	3	3419,8 ^{NS}
5,5 dS m ⁻¹	LL	3	166,25 ^{NS}
LL 0%	CEa	3	22862,9*
LL 30%	CEa	3	25401,7*
LL 60%	CEa	3	6065,3*
LL 90%	CEa	3	4217,2*

NS = não significativo, pelo teste F; *significativo a 1%, pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

Com o aumento da lâmina de lixiviação houve um acréscimo da massa seca dos frutos da primeira colheita, quando se considera a média total do experimento (Figura 28). Verificou-se uma queda linear da massa seca dos frutos da primeira colheita com acréscimo de sal na água de irrigação, conforme Figura 29.

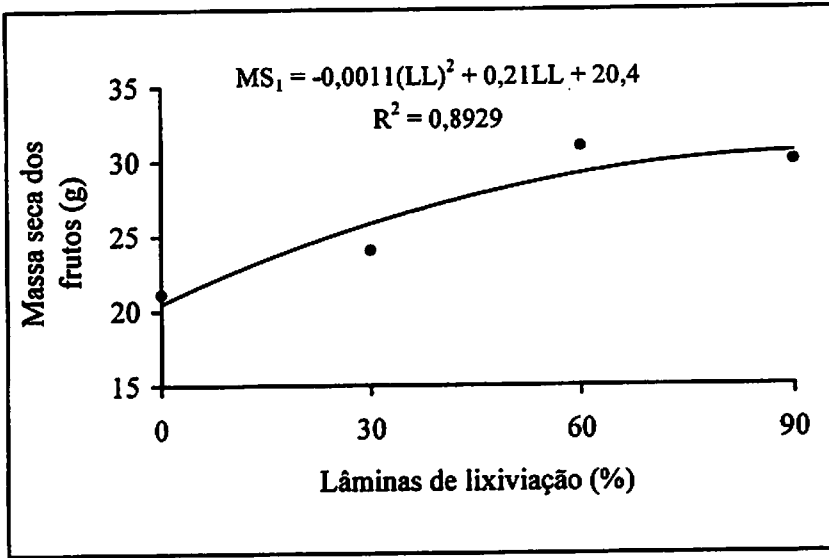


FIGURA 28. Massa seca dos frutos(g) obtidos na primeira colheita, em função das LL.

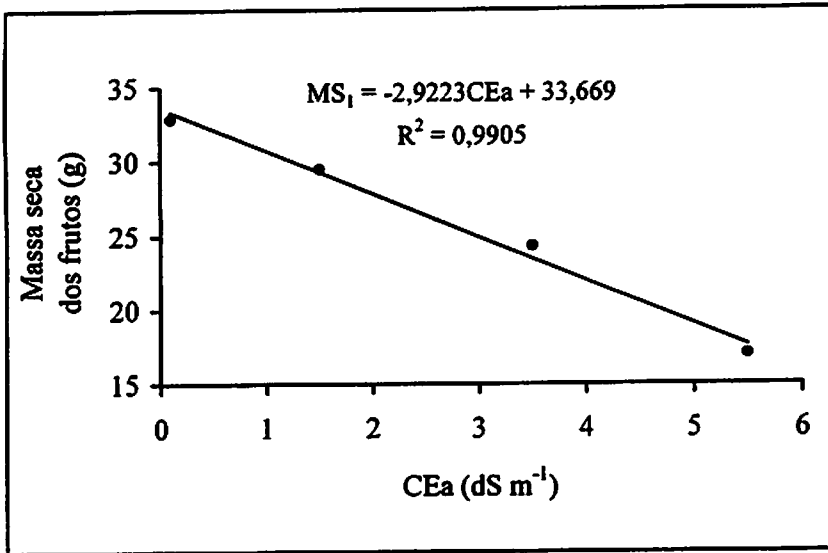


FIGURA 29. Massa seca dos frutos(g) obtida na primeira colheita, em função da salinidade da água de irrigação.

A massa seca dos frutos da terceira colheita variou inversamente à LL com água de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 30). Esse resultado foi diferente do acontecido na primeira colheita, pois essa foi obtida da média geral do experimento e, também, não houve tempo suficiente da ação negativa das LL no que diz respeito à lavagem de sais.

Quando irrigou-se com LL de 0%, 30% e 60%, houve uma queda acentuada da massa seca dos frutos da terceira colheita com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figuras 31, 32 e 33). Para a LL de 90% verificou-se um aumento da massa seca dos frutos da terceira colheita com água de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, com queda acentuada, posteriormente, conforme Figura 34.

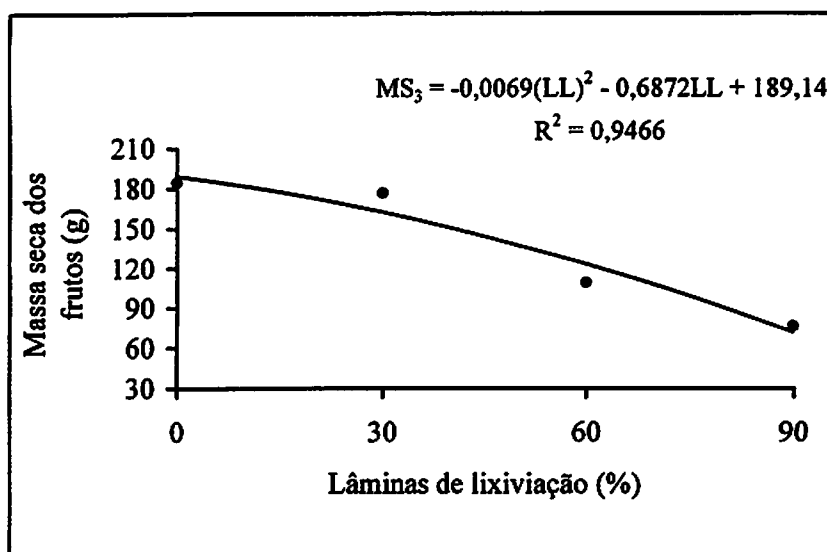


FIGURA 30. Massa seca dos frutos (g) da terceira colheita, em função das LL para CEa de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$.

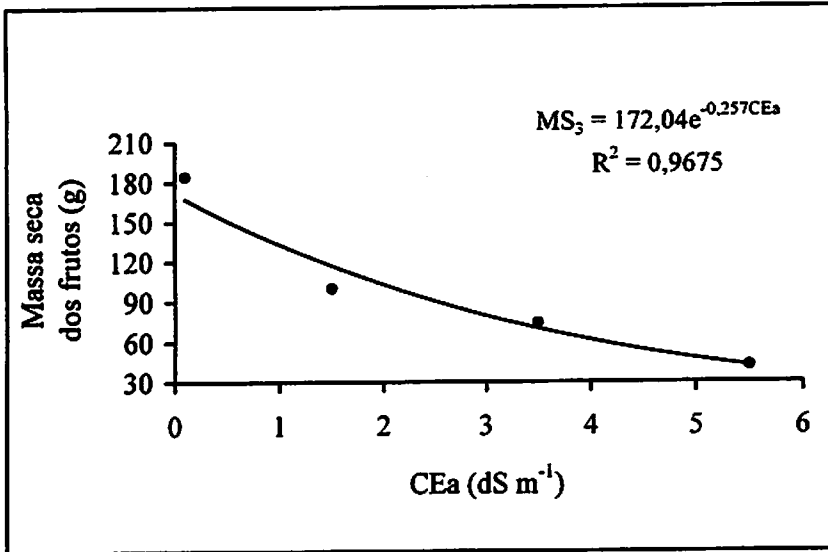


FIGURA 31. Massa seca dos frutos (g) da terceira colheita, em função da salinidade da água de irrigação, para LL de 0%.

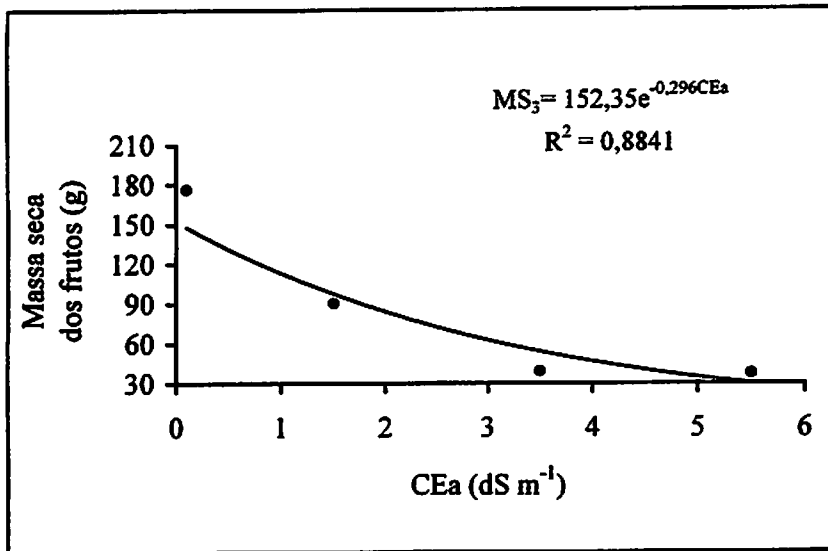


FIGURA 32. Massa seca dos frutos (g) da terceira colheita, em função da salinidade a água de irrigação, para LL de 30%.

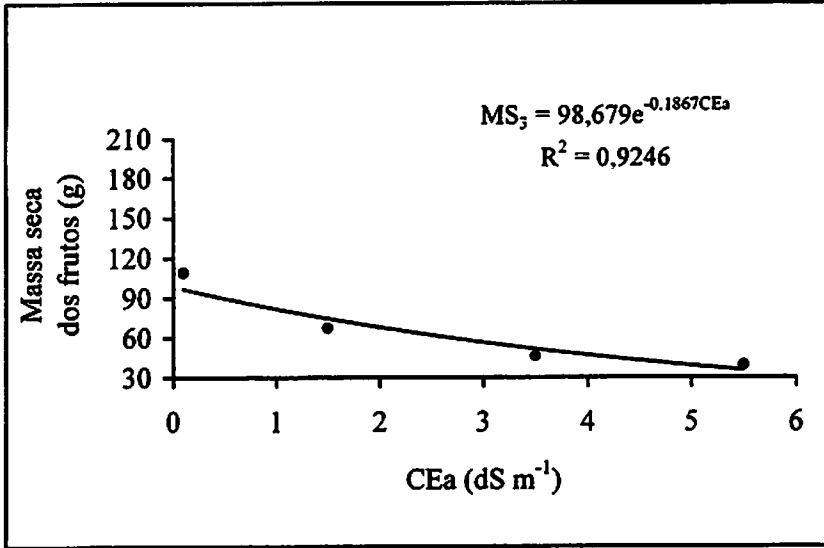


FIGURA 33. Massa seca dos frutos (g) da terceira colheita, em função da salinidade da água de irrigação, para LL de 60%.

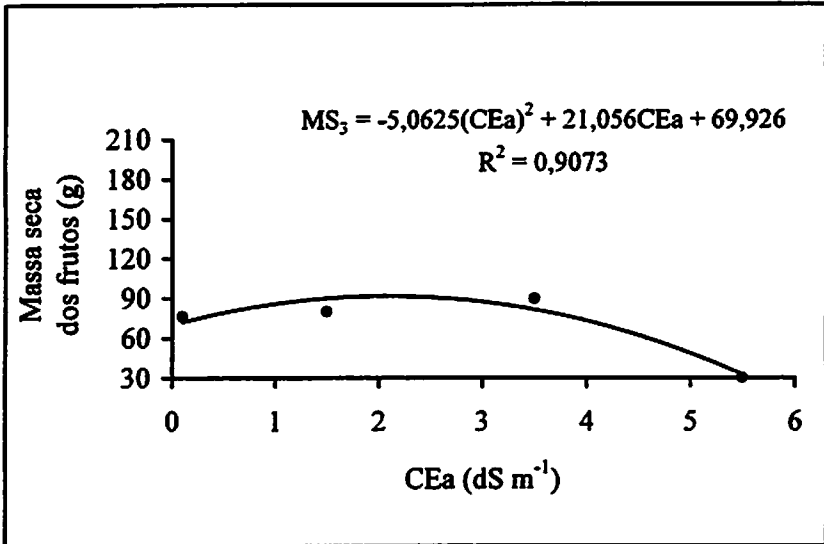


FIGURA 34. Massa seca dos frutos (g) da terceira colheita, em função da salinidade a água de irrigação, para LL de 90%.

4.2.8 Consumo de água pela cultura, fator ky e eficiência de uso da água

Na Figura 35 estão apresentados os valores de redução da evapotranspiração da cultura com o aumento da salinidade da água de irrigação. A evapotranspiração da cultura variou inversamente à concentração de sais da água, ou seja, maiores quedas de ET foram observadas quando irrigou-se com águas de maiores concentrações de sal.

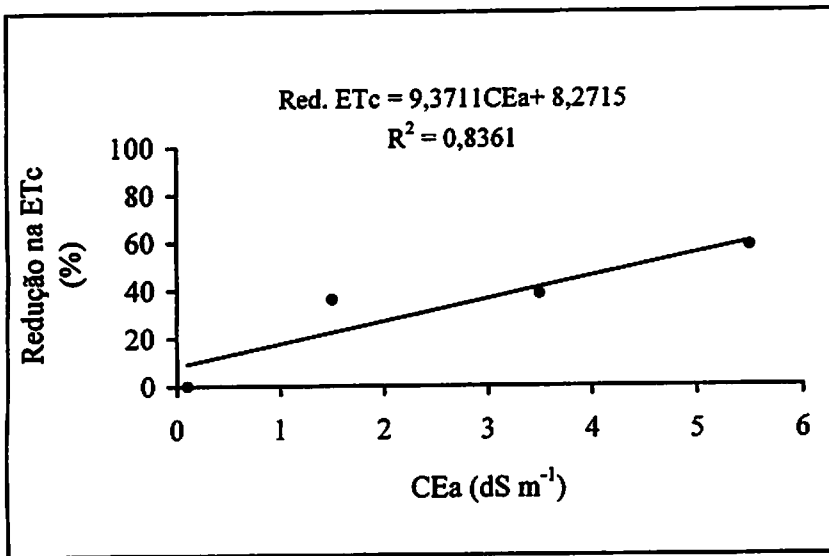


FIGURA 35. Redução na ETc em função da CEa (LL de 0%).

Diversos autores encontraram resultados semelhantes. Borella (1986) verificou que, com o aumento da concentração de sais na água de irrigação, houve um decréscimo no consumo de água pela cultura do feijoeiro. Santana et al. (2003) também encontraram resultados semelhantes para a cultura do feijoeiro cultivar ESAL 686. Gervásio et al. (2000) observaram um déficit de evapotranspiração em torno de 28% em plantas de alface americana, irrigadas com concentrações salinas entre 0,18 e 6,0 dS m⁻¹. Comportamento semelhante foi observado por Marinho et al. (1998), ao estudarem diferentes condições de

salinidade da água de irrigação no desenvolvimento inicial do abacaxizeiro. Santos (1990) observou o mesmo fato na fase inicial da bananeira em condições de casa de vegetação, utilizando águas de diferentes tipos de salinidade. Marques (2003) observou que houve uma redução linear na evapotranspiração da berinjela, conduzida em casa de vegetação, com o aumento da condutividade elétrica da água.

Durante todo o ciclo houve uma tendência de maior consumo de água pela cultura quando submetida à irrigação com menores níveis de sal na água. Picos de consumo de água foram alcançados entre os 50 e 75 DAT, conforme mostra a Figura 36 e estes foram acentuados apenas quando irrigou-se com águas de 0,1 dS m⁻¹. Essa alteração no consumo de água pelas plantas, quando submetidas a maiores níveis salinos, se deve ao fato de, possivelmente, ter havido uma diminuição do potencial osmótico, tal que dificultasse a absorção de água pelas plantas.

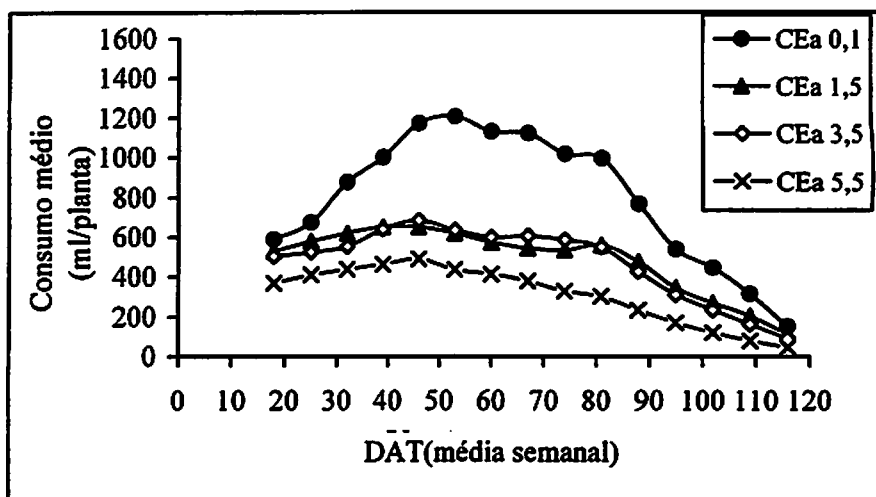


FIGURA 36. Consumo de água pela cultura do pimentão no ciclo de cultivo, em função da salinidade da água de irrigação.

A sensibilidade da cultura ao déficit hídrico causado pela salinidade da água de irrigação foi medida por meio da redução na produção ilustrada pelo fator k_y . Nas Figuras 37, 38, 39 e 40 são mostradas as reduções das produções total e comercial, em função da redução na evapotranspiração e os valores de k_y , representados pelos coeficientes angulares das equações. A produção comercial mostrou-se mais sensível que a produção total ao déficit hídrico, tendo sido causado pela salinidade do solo. Esse resultado concorda com o obtido por Marques (2003) que, para a cultura da berinjela, encontrou valores de k_y de 1,26 e 0,71, para as produções comercial e total, respectivamente. Doorenbos & Kassam (1994) relatam que o valor de k_y para a cultura do pimentão em todo o período de cultivo é de 1,1. Irrigando-se com LL de 0%, a produção comercial possui valor de k_y maior que o encontrado na literatura, evidenciando a sensibilidade da qualidade da produção ao déficit causado pelos níveis salinos. Porém, para a produção total, o valor de k_y , encontrado no atual experimento (1,118) aproxima-se do indicado pelos autores (1,11).

Doorenbos & Kassam (1994) mencionam que os valores de k_y para a maioria das culturas são deduzidos supondo-se uma relação linear entre rendimento relativo e evapotranspiração relativa. Esse fator é importante em planejamentos de irrigações, permitindo a quantificação do suprimento de água e sua utilização em termos de rendimento da cultura.

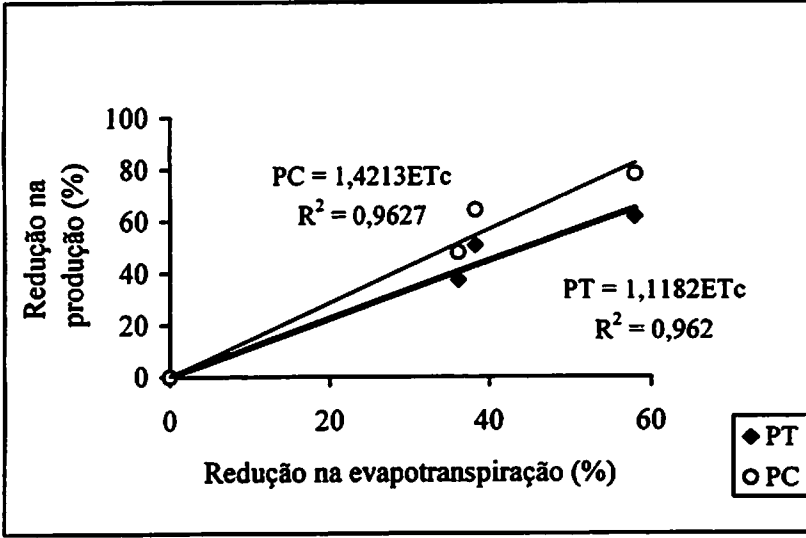


FIGURA 37. Redução na PC e PT em função da redução da ETc e valores de k_y para LL de 0%.

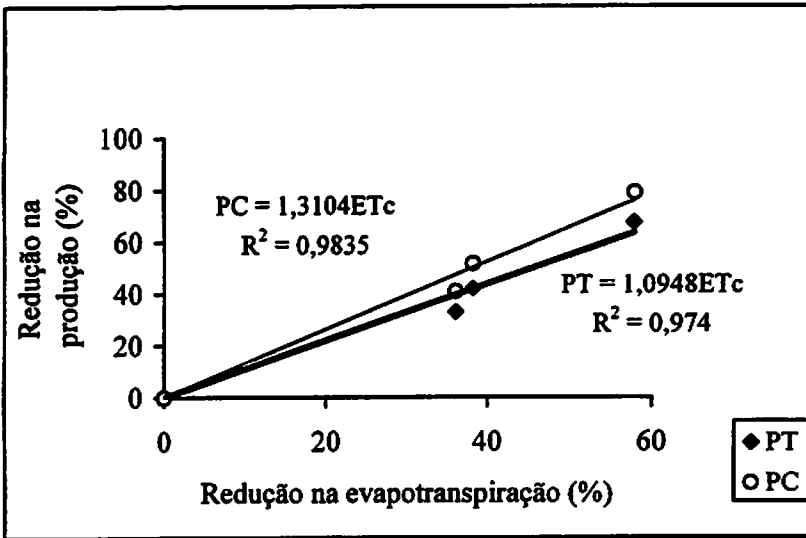


FIGURA 38. Redução na PC e PT em função da redução da ETc e valores de k_y para LL de 30%.

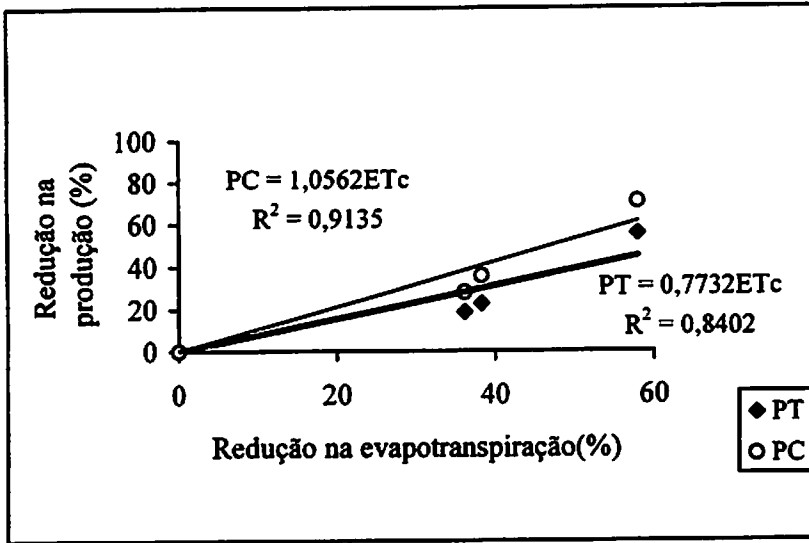


FIGURA 39. Redução na PC e PT em função da redução da ETc e valores de ky para LL de 60%.

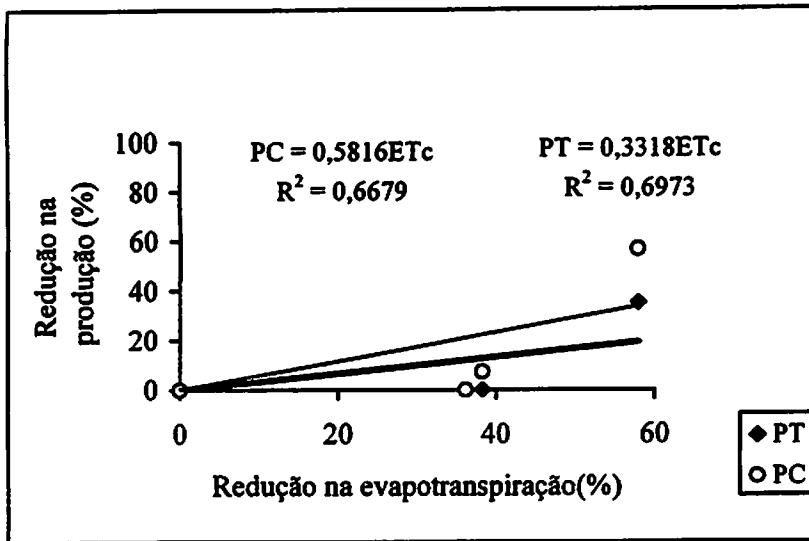


FIGURA 40. Redução na PC e PT em função da redução da ETc e valores de ky para LL de 90%.

Na Figura 41 é apresentada a eficiência do uso da água (EU) pelas plantas de pimentão quando submetidas a tratamentos com água salina e lâminas de lixiviação. Verifica-se que, quando se irriga com LL de 0% e 30%, há uma diminuição na EU com aumento da CEa. A cultura do pimentão híbrido Fortuna Super foi muito sensível ao incremento de sal na água, tendo uma queda de produção acentuada, não possibilitando um possível retorno em termos de eficiência. Irrigando-se com maiores LL (60% e 90%), inicialmente, houve uma maior eficiência do uso da água, com níveis de 1,5 dS m⁻¹ e 3,5 dS m⁻¹, com posterior queda. Independente da CEa, quando aumentou-se a LL, houve uma redução na EU, ou seja, não traduzindo em aumento proporcional da produção.

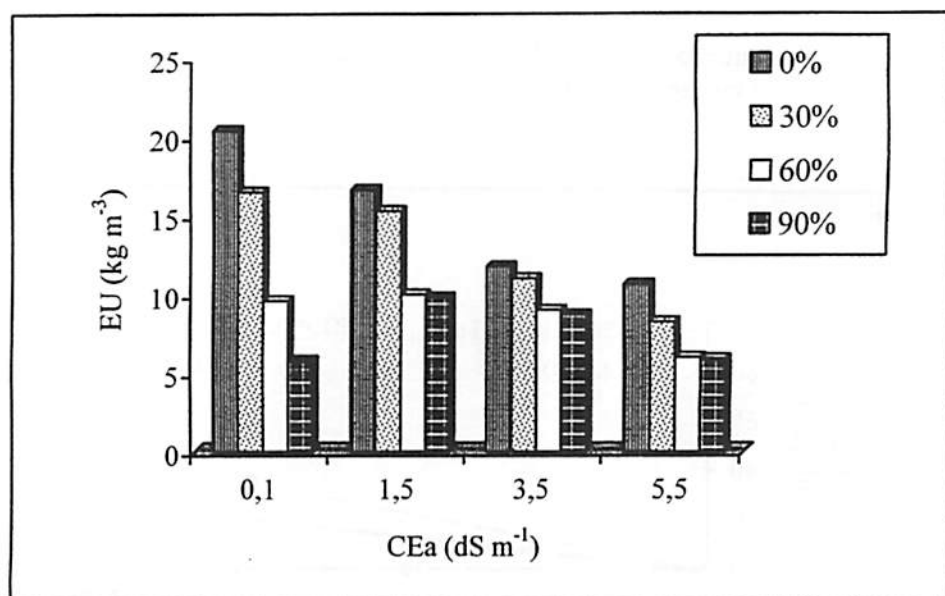


FIGURA 41. Eficiência do uso da água em função da CEa para as LL.

4.2.9 Análises foliares

Na Tabela 26 são apresentados os teores de alguns nutrientes nas folhas da cultura do pimentão, durante a fase inicial de produção. Observa-se que não houve uma tendência definida nos valores encontrados entre as salinidades para o K, Fe, Cu e Mn. Entretanto, com o aumento da salinidade da água de irrigação, houve um acréscimo nos teores de Na, Mg, Ca e P nas folhas de pimentão. Resultado semelhante foi encontrado por Figueiredo (2003), o qual obteve maiores teores de Na nas folhas do cafeeiro.

Quanto ao cálcio, sabe-se que há uma inibição competitiva com o Na no solo e que esse elemento é imóvel na folha. Outra característica é que o Ca, ao ser absorvido pelas plantas, primeiramente chega às folhas pelo xilema e, posteriormente, uma pequena parte é translocada para os frutos. As plantas de pimentão que foram irrigadas com águas menos salinas (e conseqüentemente menores quantidades de Na) foram mais eficientes em relação à movimentação de cálcio, ou seja, parte do absorvido pode ter sido translocado para os frutos, apresentando, conseqüentemente, menor número de frutos com podridão apical, como visto anteriormente.

Verifica-se que os valores de cálcio ficaram acima do recomendado, devido às adubações nitrogenadas de coberturas terem sido feitas com nitrato de cálcio e terem sido feitas adubações foliares com cloreto de cálcio.

TABELA 26. Teores de macro e micronutrientes nas folhas do pimentão em cada tratamento, no início do estágio de maturação*.

Trat.	Ca	Mg	K	P	Na	Fe	Cu	Mn
0 _{0,1}	3,0	0,46	2,3	0,19	236,3	90,6	60,0	103,0
0 _{1,5}	3,6	0,61	1,8	0,26	238,6	82,1	18,0	146,4
0 _{3,5}	4,1	0,67	2,4	0,31	440,6	109,7	21,7	174,6
0 _{5,5}	4,5	0,35	2,1	0,30	1627,9	129,2	19,2	250,6
30 _{0,1}	2,9	0,42	2,2	0,20	118,0	90,9	95,1	667,4
30 _{1,5}	3,4	0,51	2,3	0,26	159,1	93,3	16,7	126,7
30 _{3,5}	4,0	0,66	2,2	0,30	599,7	93,5	19,6	180,2
30 _{5,5}	4,0	0,71	2,1	0,30	881,2	116,8	19,5	230,9
60 _{0,1}	3,5	0,39	2,1	0,18	159,1	94,7	20,5	154,8
60 _{1,5}	3,2	0,48	2,2	0,21	636,4	98,7	17,6	157,6
60 _{3,5}	3,7	0,51	2,0	0,26	869,0	72,1	21,5	183,0
60 _{5,5}	3,9	0,69	2,25	0,32	893,7	101,6	19,4	250,6
90 _{0,1}	2,8	0,36	2,2	0,36	49,3	76,1	67,3	138,0
90 _{1,5}	3,2	0,42	1,8	0,19	214,2	96,1	15,2	140,8
90 _{3,5}	3,4	0,51	2,3	0,24	1052,6	105,4	22,0	219,6
90 _{5,5}	3,8	0,71	2,2	0,28	1342,7	98,7	19,3	222,4

*Laboratório de Relação Solo-Planta – DCS/UFLA

4.3 Características do solo

4.3.1 Condutividade elétrica do extrato de saturação

Os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) foram submetidos à análise de variância para os diferentes níveis de salinidade

da água de irrigação, lâminas de lixiviação e épocas de coleta (dadas em DAT), bem como a interação entre esses fatores. Na Tabela 27 são apresentadas a análise de variância e as médias da CEes para os diferentes fatores, na qual constata-se que as LL, a CEa e as diferentes épocas de coleta afetaram significativamente a CEes.

TABELA 27. Resumo da análise de variância com os níveis de da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) em dS m^{-1} .

		Fontes de variação						CV (%)	Média geral
		CEa	LL	DAT	CEa x LL	DAT x LL	DAT x CEa		
GL	CEes	3	3	3	9	9	9		
QM	CEes	192,7*	19,0*	1,5*	7,6*	1,5*	0,49*	18,39	2,33

*significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; QM = quadrado médio; GL = grau de liberdade

Na Tabela 28 é apresentado o resumo do desdobramento de cada LL dentro dos níveis salinos (CEa). Constata-se que apenas para águas de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ não houve diferença entre os níveis de sal no solo (CEes). Quando irrigou-se com águas de $1,5$; $3,5$ e $5,5 \text{ dS m}^{-1}$, ao elevar as LL houve redução da CEes, conforme Figura 42, evidenciando uma eficiência das LL em diminuir os níveis de CEes.

TABELA 28. Resumo da análise de variância do desdobramento entre fatores analisados, para a CEes.

		CEes	
FV	Desd.	GL	QM
$0,1 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	$0,277^{\text{NS}}$
$1,5 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	$1,85^*$
$3,5 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	$2,31^*$
$5,5 \text{ dS m}^{-1}$	LL	3	$37,5^*$

NS = não significativo pelo teste F; *significativo a 1% pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

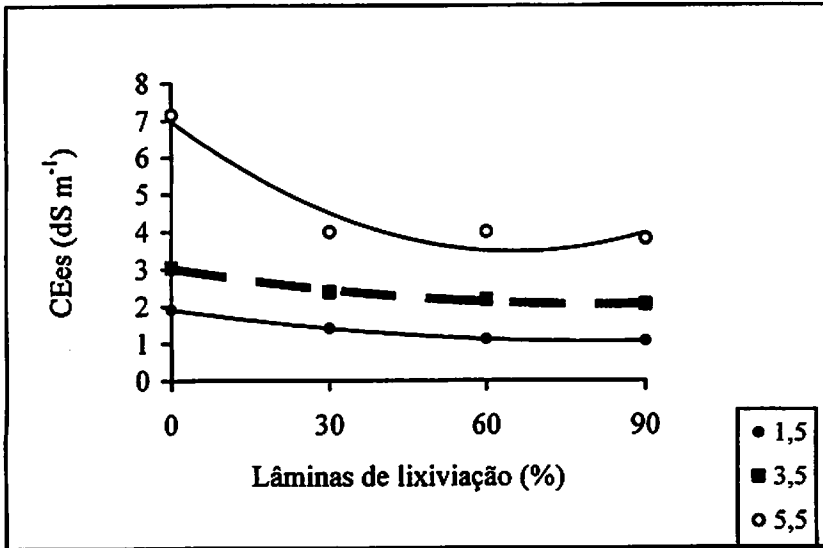


FIGURA 42. CEes em função das LL para as diferentes CEa.

Quando avaliaram-se os níveis de CEa dentro de cada LL, constatou-se que houve diferença entre os valores médios de CEes (Tabela 29). Com o aumento dos níveis de sal na água de irrigação houve um incremento da CEes, independente da LL (Figura 43).

TABELA 29. Resumo da análise de variância do desdobramento entre fatores analisados, para a CEes.

FV	Desd.	GL	CEes
			QM
LL 0%	CEa	3	118,0*
LL 30%	CEa	3	28,12*
LL 60%	CEa	3	26,96*
LL 90%	CEa	3	42,50*

*significativo a 1%, pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

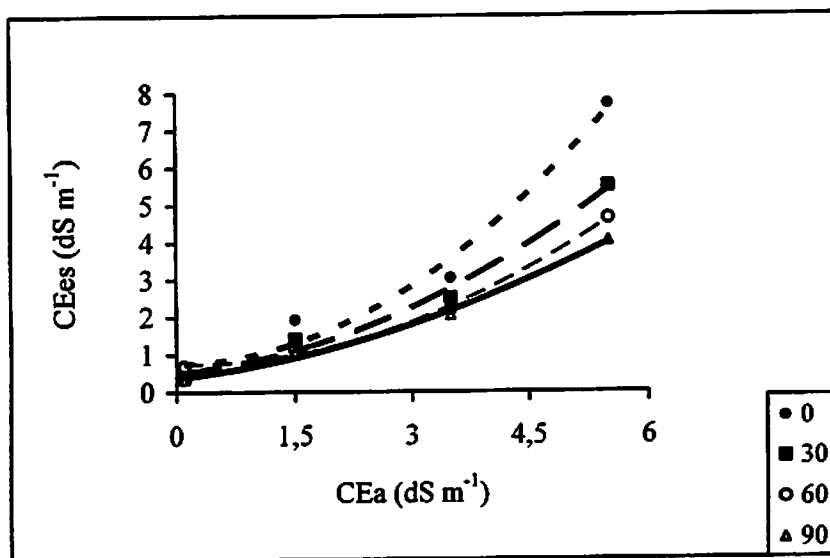


FIGURA 43. CEes em função das CEa para as diferentes LL.

Não houve diferença significativa entre as médias de CEes, quando analisados em diferentes DAT para a LL de 0%, conforme mostra Tabela 30. Quando irrigou-se com LL de 30%, 60% e 90%, houve influência da CEa sobre a CEes nas diferentes DAT. Constatou-se uma redução da CEes no tempo independente da LL (Figura 44). Assim, verifica-se que, com o tempo, a lixiviação reduz a CEes por meio da lavagem de sais.

TABELA 30. Resumo da análise de variância do desdobramento entre fatores analisados, para a CEes.

FV	Desd.	GL	CEes
			QM
LL 0%	DAT	3	0,20 ^{NS}
LL 30%	DAT	3	3,4*
LL 60%	DAT	3	1,7*
LL 90%	DAT	3	0,72*

NS = não significativo, pelo teste F; *significativo a 1%, pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

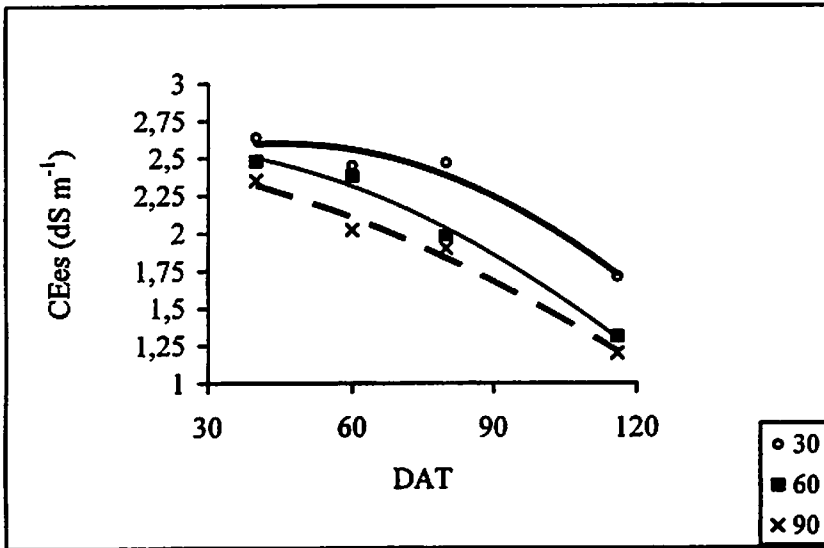


FIGURA 44. CEes em função das DAT para as diferentes LL.

Na Tabela 31 é mostrado o desdobramento dos valores da CEes para as diferentes LL nas diferentes DAT, havendo diferença significativa em todos os casos. Novamente, é evidenciada a eficiência da LL para evitar excessiva salinização do solo. Pela Figura 45, nota-se que há queda da CEes com o aumento da LL, independente da data de coleta.

TABELA 31. Resumo da análise de variância do desdobramento entre fatores analisados, para a CEes.

FV	Desd.	GL	CEes
			QM
40 DAT	LL	3	4,5*
60DAT	LL	3	3,07*
80DAT	LL	3	5,63*
116DAT	LL	3	10,45*

*significativo a 1% , pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

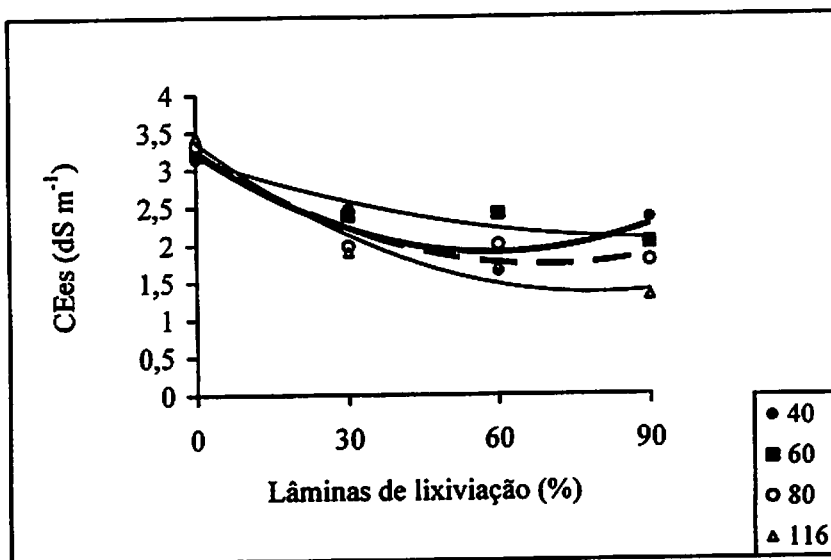


FIGURA 45. CEes em função das LL para as diferentes DAT.

Não houve diferença significativa entre as médias da CEes para as diferentes DAT, em cada nível de CEa (Tabela 32).

Tabela 32. Resumo da análise de variância do desdobramento entre os fatores analisados, para a CEes.

FV	Desd.	GL	CEes
			QM
0,1 dS m ⁻¹	DAT	3	0,22 ^{NS}
1,5 dS m ⁻¹	DAT	3	0,40 ^{NS}
3,5 dS m ⁻¹	DAT	3	0,27 ^{NS}
5,5 dS m ⁻¹	DAT	3	0,29 ^{NS}

NS = não significativo pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

As equações da Figuras 42, 43, 44 e 45 encontram-se Tabela 33.

TABELA 33. Equações de CEes como função das lâminas de lixiviação, CEa e dias após o transplantio.

	Equações	R ²
1,5 dS m ⁻¹	CEes (dS m ⁻¹) = 0,0008(LL) ² - 0,107LL + 6,98	0,92
3,5 dS m ⁻¹	CEes (dS m ⁻¹) = 0,0001(LL) ² - 0,023LL + 3,0	0,98
5,5 dS m ⁻¹	CEes (dS m ⁻¹) = 0,0001(LL) ² - 0,02LL + 1,91	0,99
LL 0%	CEes (dS m ⁻¹) = 0,21 (CEa) ² + 0,048CEa + 0,7	0,97
LL 30%	CEes (dS m ⁻¹) = 0,02 (CEa) ² + 0,5 CEa + 0,4	0,98
LL 60%	CEes (dS m ⁻¹) = 0,08 (CEa) ² + 0,1 CEa + 0,6	0,99
LL 90%	CEes (dS m ⁻¹) = 0,1 (CEa) ² + 0,09 CEa + 0,4	0,99
40DAT	CEes (dS m ⁻¹) = 0,0004(LL) ² - 0,04LL + 3,2	0,86
60DAT	CEes (dS m ⁻¹) = 0,0001 (LL) ² - 0,02LL + 3,1	0,89
80DAT	CEes (dS m ⁻¹) = 0,0003 (LL) ² - 0,04LL + 3,0	0,91
116DAT	CEes (dS m ⁻¹) = 0,0003 (LL) ² - 0,05LL + 3,0	0,95
LL 30%	CEes (dS m ⁻¹) = -0,001(DAT) ² + 0,02 DAT + 2,0	0,98
LL 60%	CEes (dS m ⁻¹) = -0,002 (DAT) ² + 0,01 DAT + 2,0	0,93
LL 90%	CEes (dS m ⁻¹) = 6E-05 (DAT) ² - 0,01DAT + 3,0	0,98

Houve diferença significativa entre as médias da CEes em cada DAT para as diferentes CEa (Tabela 34). Com o aumento da CEa, houve acréscimo da CEes, independente da DAT (Figuras 46, 47, 48 e 49). A mesma tendência foi verificada nos trabalhos desenvolvidos por Borella (1986), Gervásio et al. (2000) e Santana et al. (2003). A CEes foi diretamente proporcional à CEa

TABELA 34. Resumo da análise de variância do desdobramento entre fatores analisados, para a CEes.

FV	Desd.	CEes	
		GL	QM
40 DAT	CEa	3	42,1*
60DAT	CEa	3	50,8*
80DAT	CEa	3	46,6*
116DAT	CEa	3	54,5*

*significativo a 1% , pelo teste F; FV = fonte de variação; Desd. = desdobramento; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio.

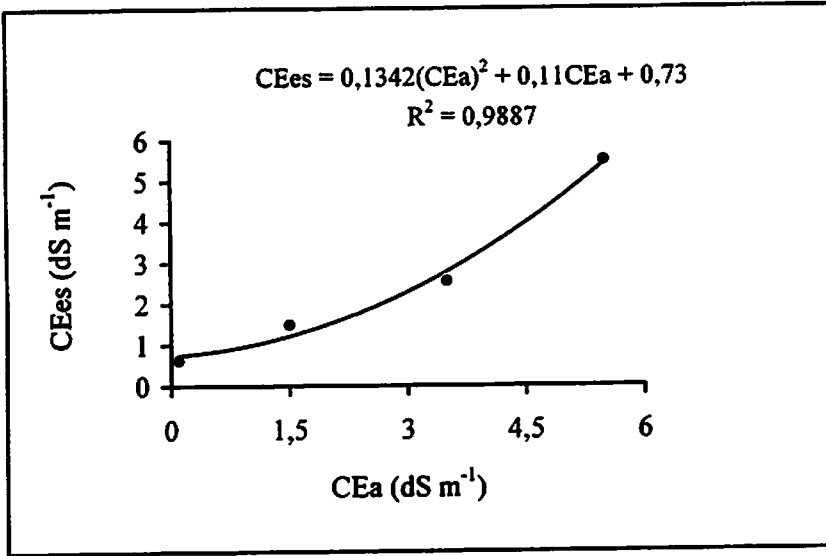


FIGURA 46. CEes em função da CEa aos 40 DAT.

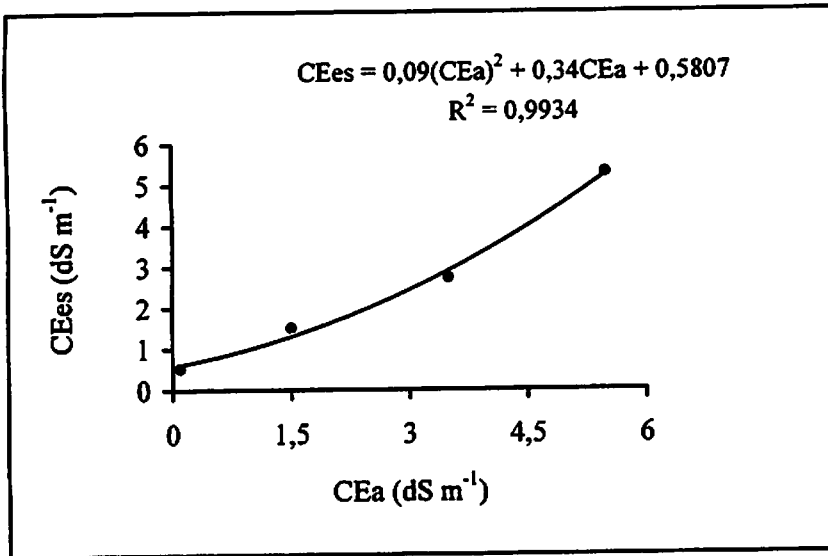


FIGURA 47. CEes em função da CEa aos 60 DAT.

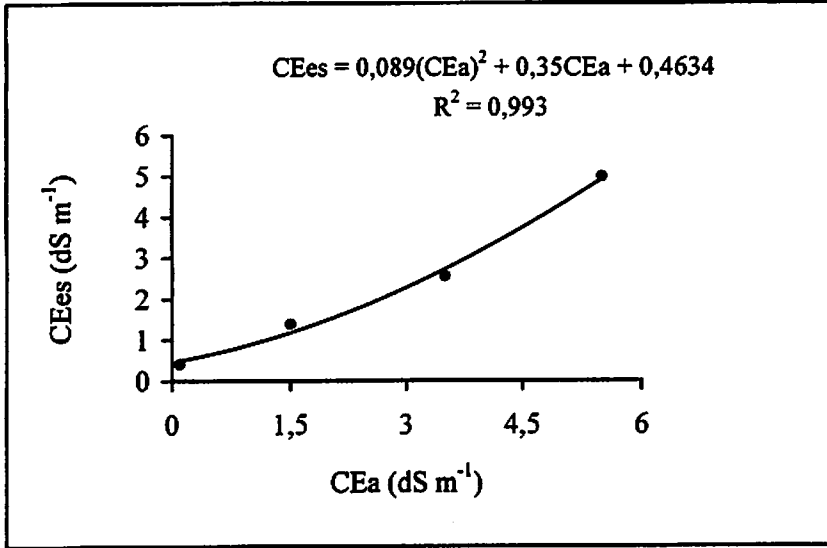


FIGURA 48. CEes em função da CEa aos 80 DAT.

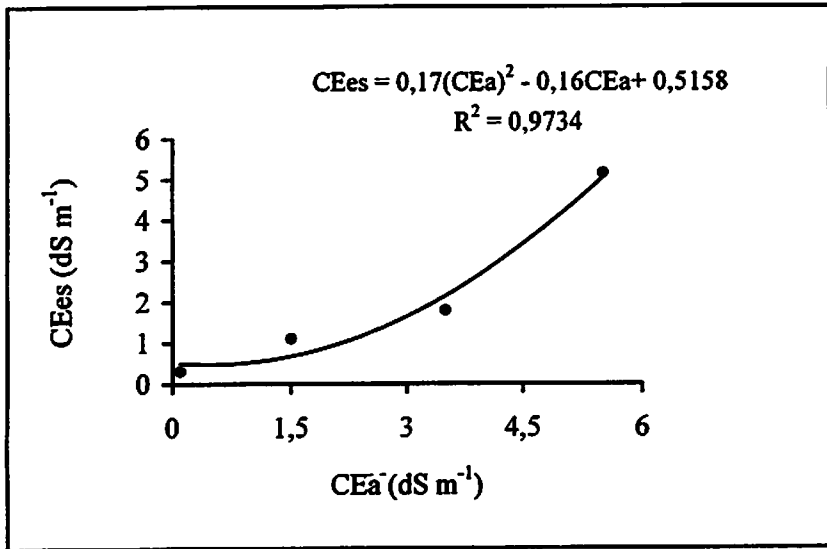


FIGURA 49. CEes em função da CEa aos 116 DAT.

4.3.2 Razão de adsorção de sódio e porcentagem de sódio trocável

Verificou-se aumento da porcentagem de sódio trocável com a elevação da salinidade da água de irrigação, independente da LL (Tabela 35). Quando analisa-se o efeito da LL dentro de cada nível salino, constata-se uma tendência de queda da PST com o aumento da LL. Os valores negativos na coluna evidenciam redução de PST, quando irrigado com nível de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$, ou seja, sem a adição do sal NaCl na água de irrigação.

A classificação sugerida por Cabello (1996) é importante para a predição de uma possível forma de recuperação do solo para posterior cultivo. A classificação foi "Normal" para água com $0,1 \text{ dS m}^{-1}$, independente da LL, agravando-se com o aumento do sal na água de irrigação. É importante conhecer o nível salino de um solo após cultivos sucessivos, para evitar problemas na condução, prevenindo queda na produção causada pelo excesso de sal, por meio de medidas de recuperação, efetivando a importância desse tipo de classificação.

TABELA 35. Valores da condutividade elétrica do extrato de saturação final (CEes), porcentagem de sódio trocável (PST), razão de adsorção de sódio (RAS), e classificações quanto à salinidade/sodicidade.

Tratamento	CEes (dS m ⁻¹)	RAS (mmol _c)	PST	Classificação
0 _{0,1}	0,465	0,09	-1,14	N
0 _{1,5}	1,91	9,67	11,51	SO
0 _{3,5}	3,03	27,19	27,98	SS
0 _{5,5}	7,71	34,14	32,90	SS
30 _{0,1}	0,39	0,10	-1,12	N
30 _{1,5}	1,4	7,22	8,58	SO
30 _{3,5}	2,38	14,96	17,22	SS
30 _{5,5}	3,99	21,23	23,11	SS
60 _{0,1}	0,68	0,09	-1,13	N
60 _{1,5}	1,11	6,35	7,5	SO
60 _{3,5}	2,18	9,17	10,92	SS
60 _{5,5}	4,04	26,94	27,78	SS
90 _{0,1}	0,32	1,56	1,03	N
90 _{1,5}	1,06	5,32	6,18	N
90 _{3,5}	2,04	7,89	9,33	SS
90 _{5,5}	4,64	13,97	16,21	SS

N= normal; SS= salino-sódico; SA = salino; SO = sódico.

4.3.3 Fertilidade do solo ao final do experimento

Nas Tabelas 36, 37, 38 e 39 são mostradas as concentrações totais de alguns nutrientes encontrados no solo de todos os tratamentos, ao final do experimento. Independente da lâmina de lixiviação, com o aumento da salinidade da água de irrigação houve um aumento do sódio no solo, concordando com o encontrado nos trabalhos desenvolvidos por Medeiros (1998), Blanco (1999) e Figueiredo (2003). Em consequência, houve aumento da soma de bases (SB) e do índice de saturação por bases (V%). Para os demais nutrientes (K, Ca, P e Mg), não houve uma tendência definida, concordando com Figueiredo (2003).

TABELA 36. Teores de alguns nutrientes no solo ao final do experimento para LL de 0%.

Características	Tratamentos			
	0 _{0,1}	0 _{1,5}	0 _{3,5}	0 _{5,5}
pH em H ₂ O	7,1	6,5	6,3	5,7
Na (mg dm ³)	9,2	824,3	2001,9	2826,2
P (mg dm ³)	8,9	10,0	8,5	8,9
K (mg dm ³)	99,0	219,0	221,0	78,0
Ca ⁺² (cmol/dm ³)	3,7	2,9	2,6	3,0
Mg ⁺² (cmol/dm ³)	0,2	0,8	0,4	0,6
Al ⁺³ (cmol/dm ³)	0,1	0,1	0,1	0,1
*SB (cmol/dm ³)	4,2	7,8	12,3	16,1
*t (cmol/dm ³)	4,3	7,9	12,4	16,2
*T (cmol/dm ³)	6,3	10,1	14,9	19,0
*V (%)	66,6	77,3	82,5	84,7

*SB = soma de bases trocáveis; *t= capacidade de troca catiônica efetiva; * T= capacidade de troca catiônica a pH 7,0; * V = índice de saturação por bases.

TABELA 37. Teores de alguns nutrientes no solo ao final do experimento para LL de 30%.

Características	Tratamentos			
	30 _{0,1}	30 _{1,5}	30 _{3,5}	30 _{5,5}
pH em H ₂ O	6,6	6,6	6,5	6,1
Na (mg dm ³)	11,0	942,1	1177,6	1766,4
P (mg dm ³)	11,5	1,4	5,5	12,4
K (mg dm ³)	100,0	142,0	113,0	291,0
Ca ⁺² (cmol/dm ³)	3,4	2,3	2,3	2,8
Mg ⁺² (cmol/dm ³)	0,6	1,7	0,6	0,5
Al ⁺³ (cmol/dm ³)	0,1	0,1	0,1	0,1
*SB (cmol/dm ³)	4,3	8,5	8,3	11,7
*t (cmol/dm ³)	4,4	8,6	8,4	11,8
*T (cmol/dm ³)	6,6	10,6	10,6	14,3
*V (%)	65,2	80,1	78,3	81,8

*SB = soma de bases trocáveis; *t= capacidade de troca catiônica efetiva; * T= capacidade de troca catiônica a pH 7,0; * V = índice de saturação por bases.

TABELA 38. Teores de alguns nutrientes no solo ao final do experimento para LL de 60%.

Características	Tratamentos			
	60 _{0,1}	60 _{1,5}	60 _{3,5}	60 _{5,5}
pH em H ₂ O	6,8	7,0	6,7	5,8
Na (mg dm ⁻³)	11,0	382,7	824,3	1118,0
P (mg dm ⁻³)	14,1	8,9	13,6	5,2
K (mg dm ⁻³)	83,0	109,0	92,0	366,0
Ca ⁺² (cmol/dm ³)	4,0	2,5	2,4	2,4
Mg ⁺² (cmol/dm ³)	1,0	0,7	0,6	0,5
Al ⁺³ (cmol/dm ³)	0,1	0,1	0,1	0,1
*SB (cmol/dm ³)	5,3	5,1	6,8	8,7
*t (cmol/dm ³)	5,4	5,2	6,9	8,8
*T (cmol/dm ³)	7,4	7,2	9,1	11,6
*V (%)	71,5	71,0	74,8	75,0

*SB = soma de bases trocáveis; *t= capacidade de troca catiônica efetiva; * T= capacidade de troca catiônica a pH 7,0; * V = índice de saturação por bases.

TABELA 39. Teores de alguns nutrientes no solo ao final do experimento para LL de 90%.

Características	Tratamentos			
	90 _{0,1}	90 _{1,5}	90 _{3,5}	90 _{5,5}
pH em H ₂ O	7,1	6,8	6,8	6,3
Na (mg dm ⁻³)	17,6	187,6	794,9	2237,4
P (mg dm ⁻³)	11,5	7,5	8,9	13,2
K (mg dm ⁻³)	75,5	135,0	72,0	194,0
Ca ⁺² (cmol/dm ³)	3,6	2,8	2,2	2,0
Mg ⁺² (cmol/dm ³)	0,6	0,7	0,5	0,7
Al ⁺³ (cmol/dm ³)	0,1	0,1	0,1	0,1
*SB (cmol/dm ³)	5,2	4,7	6,3	12,9
*t (cmol/dm ³)	5,3	4,8	6,4	13,0
*T (cmol/dm ³)	7,5	7,0	8,6	15,5
*V (%)	69,2	67,0	73,4	83,3

*SB = soma de bases trocáveis; *t= capacidade de troca catiônica efetiva; * T= capacidade de troca catiônica a pH 7,0; * V = índice de saturação por bases.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no atual trabalho, pôde-se concluir que:

- a) houve queda nas produções total e comercial e no número de frutos total e comercial do pimentão híbrido Fortuna Super, com o aumento da salinidade da água de irrigação, independente da lâmina de lixiviação;
- b) altura e diâmetro do colo das plantas foram afetados negativamente apenas pela salinidade da água de irrigação;
- c) a qualidade da produção foi afetada pelos níveis salinos, havendo decréscimo dos valores do índice de qualidade dos frutos com aumento da salinidade da água;
- d) com o aumento da salinidade da água de irrigação houve um acréscimo linear no número de frutos com podridão apical;
- e) a massa seca dos frutos da primeira colheita não foi afetada pela interação CEa e LL. Na terceira colheita, houve diferença entre as CEa e LL, e entre a interação. Para a massa seca dos frutos houve uma tendência de queda com o aumento da salinidade da água;
- f) a evapotranspiração da cultura do pimentão variou inversamente com a salinidade da água de irrigação;
- g) a produção comercial foi mais afetada que a total, apresentando valores de k_y de 1,42 e 1,11, respectivamente;
- h) com o aumento das lâminas de lixiviação, houve queda na eficiência do uso da água pela cultura;
- i) a condutividade elétrica do extrato de saturação aumentou com incremento de sal na água de irrigação durante o ciclo da cultura;

- j) ao final do experimento foi constatado que, ao irrigar com água de $0,1 \text{ dS m}^{-1}$ para todas as LL o solo foi classificado como “Normal” quanto a sua salinidade;
- k) ao final do experimento, o solo apresentou aumento do teor de sódio e da CTC efetiva com aumento da CEa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, L.A.; STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; FIORIN, J. **Influência da proteção ambiental com estufa de polietileno transparente sobre o crescimento do pimentão.** Ciência Rural, Santa Maria, v.21, n.2, p.191-204, 1991.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Trad. De H.R. Gheyj; J.F. Medeiros; F.A.V. Damasceno. Campina Grande : UFPB, 1991. 218p. (FAO, Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).

BLANCO, F.F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo.** 1999. 104p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BORELLA, J. E. **Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na produção de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) e na salinização do solo.** 1986. 82p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas 1965-1990.** Brasília, 1991.

CABELLO, F.P. **Riegos localizados de alta freqüência: goteo, microsaspersion, exudacion.** 3. ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996, 511p.

CARRIJO, O. A.; SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. **Tendências e desafios da fertirrigação no Brasil.** In:FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação:citrus, flores, hortaliças.** Guaíba:Agropecuária, 1999. cap.1, p.155-169.

CERMEÑO, Z.S. **Prontuário do horticultor.** Lisboa: Litexa, 1988. 408p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Lavras, MG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: (5ª aproximação).** Viçosa, Imprensa Universitária UFV, 1999. 359p.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Trad. De H.R. Gheyi; A.A. Sousa; F.A.V. Damasceno; J.F. Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO, Estudos de irrigação e Drenagem, 33).

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPANS, J.W.; PARLANGE, M.B. **Programa SWRC (Version 1.00): Soil-Water Retention Curve (Software).** Piracicaba: ESALQ; Davis: University of Califórnia, 1995. 2 disquetes.

FERREIRA, D.F. **SISVAR versão 4.3 (Build 4.1).** Lavras: UFLA/DEX, 1999. 4 disquetes.

FIGUEIREDO, V.B. **Irrigação com água salina do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em fase de formação.** 2003. 77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa, UFV, 2000. 402p.

FONSECA, A. F. A. **Avaliação do comportamento de cultivares de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em Rondônia.** Porto Velho: EMBRAPA, 1986. 6p.

GENUCHTEN, M. T. van. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils.** Soil Science Society American Journal, Madison, v. 50, p. 288-91, 1980.

GERVÁSIO, E.S., CARVALHO, J.A ., SANTANA, M. J. de. **Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande , PB. UFPB. v.4 , n1, p. 125-128, 2000.

LIMA, V.L.A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem.** 1998. 87p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 215p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS. 1997. 319p.

MARINHO, F.J.L., FERNANDES, P.D., GHEYI, H.R. Desenvolvimento inicial do abacaxizeiro, cv. Smooth Cayenne, sob diferentes condições de salinidade da água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 2, n. 1 p. 1-5, 1998.

MARQUES, D. C. Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) submetida a diferentes lâminas e concentrações de sais na água de irrigação. 2003. 53p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MARTINS, S. R.; PEIL, R. La situación actual de los plásticos em la agricultura en Brasil y su potencialidad futura. In: SIMPOSIUM IBEROAMERICANO SOBRE APLICACION DE LOS PLASTICOS EM LAS TECNOLOGIAS AGRARIAS, 1, Almeria, 1995. Actas..., 1995. p.57-70.

MEDEIROS, J. F. de. Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão. 1998. 152p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

NANNETTI, D.C.; SOUZA, R.J. A cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.). Boletim Técnico. UFLA, Lavras, 49p. 1998.

NANNETTI, D. C. Nitrogênio e potássio aplicados via fertirrigação na produção, nutrição e pós-colheita do pimentão. 2001. 184p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. Madrid: Editora Agrícola Española, 2. ed. 1985, 542p.

REZENDE, F.C. **Resposta de plantas de pimentão (*Capsicum annum* L.) à irrigação e ao enriquecimento da atmosfera com CO₂, em ambiente protegido**. 2001. 107p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras/UFLA. 2003. v.27, n.2, p.443-450.

SANTOS, G. R. **Crescimento da bananeira nanica (*Musa sp.*) sob diferentes qualidades de água de irrigação**. 1990. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

TRANI, P.E.; MELO, A.M.T.; PASSOS, F.A.; TAVARES, M.; NAGAI, H.; SCIVITTARO, W.B. **Recomendações de adubação e calagem para as culturas de berinjela, jiló, pimenta-hortícola e pimentão**. In: RAIJ, B; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C.O. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p. 173.

ZANINI, J.R.; SOUZA, E.C.A.; PAVANI, L.C.; PANCRÁCIO, A. P. Efeitos da frequência de aplicação da fertirrigação nitrogenada e potássica via irrigação por gotejamento na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L. CV. Magda). (Compact disc) **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Viçosa, 1995. Resumos. Viçosa:UFV, SBEA, 1995.