

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR



TESE

**Crescimento, produtividade e consumo de solução
nutritiva em diferentes concentrações pelo tomateiro
cultivado em casca de arroz *in natura***

CLARISSA MELO COGO

Pelotas, 2009

CLARISSA MELO COGO

Crescimento, produtividade e consumo de solução nutritiva em diferentes concentrações pelo tomateiro cultivado em casca de arroz *in natura*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Sistemas de Produção Agrícola Familiar.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marta Elena González Mendez

Pelotas, 2009

Banca examinadora:

.....
Prof^a. Dr^a. Marta Elena Gonzáles Mendez
PPGSPAF/Faculdade de Agronomia/UFPel (Presidente)

.....
Pesquisador Dr. Carlos Alberto Medeiros
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

.....
Prof^a. Dr^a. Jana Koefender
Fundação Universidade de Cruz Alta/UNICRUZ

.....
Prof. Dr. Edgar Ricardo Schöffel
PPGSPF/Faculdade de Agronomia/ UFPel

À minha mãe Celi, minhas irmãs Carine e Cristina e ao meu noivo Rafael pelo eterno incentivo e incondicional amor e apoio. Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e fé em tudo que tenho e faço.

A minha mãe e irmãs pela constante paciência e amor e que mesmo à distância fizeram-se presente. E, principalmente, saber o valor da educação na vida de uma pessoa.

Ao meu primo Mauri Adão Cogo e sua esposa Nina Rosa Lemos Cogo, seus filhos Sarah, Luciane e Jonathan pela acolhida em seu lar, pelos cuidados e total apoio, sem os quais não teria concluído este curso.

À minha orientadora, professora Dr^a. Marta Elena González Mendez pela orientação para a vida, companheirismo, amizade e conselhos.

Ao eterno mestre e amigo professor Dr. Jerônimo Andriolo pelo total apoio em minhas decisões profissionais e que mesmo à distância fez-se presente pelos constantes conselhos dados.

Aos colegas de Pós-Graduação Marcelo de Queiroz Rocha, Demócrito Chiesa, Larri Morselli, Rosemere de Olanda, Clênio Böhmer, Dagno Ribeiro e Sérgio Bonini pela amizade, companheirismo e troca de experiências.

Aos alunos de graduação Gabriel Nachtigall e Maristela Watthier pela amizade e total ajuda na condução dos experimentos

Ao meu noivo Rafael Brum de Souza pelo amor, paciência, companheirismo e torcida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar pela oportunidade e conhecimento adquirido.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado.

“O tempo é o melhor autor:
sempre encontra um final perfeito.”

Charles Chaplin

Resumo

COGO, Clarissa Melo. **Crescimento, produtividade e consumo de solução nutritiva em diferentes concentrações pelo tomateiro cultivado em casca de arroz *in natura*** 2009. 56 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O objetivo do trabalho foi determinar o efeito de diferentes concentrações da solução nutritiva sobre o crescimento, produtividade e consumo de solução nutritiva pelo tomateiro empregando como substrato a casca de arroz *in natura*. Dois experimentos foram conduzidos, na primavera/verão e verão-outono, em ambiente protegido, no Departamento de Fitotecnia, do Campus da Universidade Federal de Pelotas. Os tratamentos foram constituídos por cinco concentrações de solução nutritiva, no delineamento inteiramente casualizado, em esquema unifatorial. A testemunha (T3) foi a solução nutritiva com a concentração padrão (T3) e os demais tratamentos foram concentrações de 0,9 (T1); 1,6 (T2); 3,0 (T4) e 3,7 (T5) dS m^{-1} . A determinação dos volumes transpirados nos tratamentos com concentrações 1,6; 2,3; 3,0 e 3,7 dS m^{-1} foi feita através da estimativa da diminuição do volume de solução nutritiva nos reservatórios de solução nutritiva, de forma similar à metodologia empregada anteriormente por Valandro (1999). A área foliar (AF) foi determinada através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR, modelo 3100). Diariamente foi medida a temperatura do ar e radiação solar. Os volumes absorvidos foram convertidos por unidade de radiação solar e de área foliar (AF). O substrato foi posto em sacos plásticos de 10 L perfurados na base e dispostos na densidade de 2,81 pl m^{-2} . Foram determinadas a matéria fresca e seca vegetativa e de frutos e também a área foliar em três plantas escolhidas aleatoriamente em cada repetição. A massa seca vegetativa, de frutos e total mostrou efeito polinomial da concentração da solução nutritiva. A evolução da área foliar da cultura nas duas épocas ajustou-se a mesma tendência polinomial observada na massa fresca e seca. Os resultados indicam valores de condutividade elétrica (CE) de 2,3 dS m^{-1} e de 3,0 dS m^{-1} como aquelas que maximizam a produção de frutos nos cultivos de primavera-verão e verão-outono, respectivamente. Houve decréscimo da AF após as CE 2,3 e 3,0 dS m^{-1} , nos cultivos primavera-verão e verão-outono, respectivamente. Uma regressão polinomial se ajustou entre a CE e o consumo de solução nutritiva na primavera-verão.

Termos para indexação: *Solanum esculentum*, condutividade elétrica, substrato.

Abstract

COGO, Clarissa Melo. **Growth, yield and consumption of nutritive solution for tomato under different concentrations cultivated in rusk rice *in natura***. 2009. 56f. Thesis (Doctorate) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The goal of this work was to determine the effect of different nutritive solution concentration about the growth, yield and consumption of nutritive solution of this crop using rusk rice substrate *in natura*. Two experiments were carried in two periods, in spring/summer and summer/autumn in a plastic greenhouse in the Department of Fitotecny of University Federal of Pelotas. Treatments consisted of five concentrations of nutritive solution, in bifactorial scheme and casualized design randomized. The testemmun (T3) was the nutritive solution with concentration standarized and the other treatments were concentrations of 0,9 (T1); 1,6 (T2); 3,0 (T4) and 3,7 (T5) dS m⁻¹. The determination of transpired volumes in treatments with concentrations 1,6, 2,3, 3,0 e 3,7 dS m⁻¹ was made through estimative of nutritive solution volume decreased in recipient of similar form of methodology used by Valandro (1999). The leaf area was determined through a measured image equipment (LI-COR 3100). The temperature and solar radiation were measured daily. The absorbed volumes were converted for unity of solar radiation and leaf area. The substrate was placed in bags of 10 L drilled in the base and put in density 2,81 pl m⁻². Fresh and dry vegetative mass, fresh and dry fruit mass and also leaf area in three plants in each repetition were determined. The dry vegetative mass, the dry fruit mass and the total dry mass showed polinomial effect of nutritive solution concentration. The leaf area evolution of crop in two periods, adjusted similar polinomial tendency observed in fresh and dry mass. The results show values for EC of 2,3 and 3,0 dS m⁻¹, like the ones that maximize fruit production in spring/summer and summer/autumn, respectively. There was a decrease of leaf area after the EC 2,3 and 3,0 dS m⁻¹ in spring/summer and summer/autumn, respectively. A polinomial regression was adjusted between EC and consumo of nutritive solution in spring/summer.

Index terms: *Solanum esculentum*, eletrical conductivity, substrate

Lista de Figuras

Figura 1	Representação esquemática do sistema de cultivo em substrato.....	25
Figura 2	Variação da condutividade elétrica (dS m^{-1}) nas diferentes concentrações da solução nutritiva, nos cultivos de primavera-verão (A) e verão-outono (B). Pelotas, RS. 2008.....	36
Figura 3	Massa fresca e seca das plantas de tomateiro sob diferentes condutividades elétrica, no cultivo primavera-verão. Pelotas, RS, 2008.....	37
Figura 4	Massa fresca e seca da planta de tomateiro sob diferentes condutividades elétricas no cultivo verão-outono. Pelotas, RS, 2008.....	38
Figura 5	Área foliar sob diferentes condutividades elétricas nos cultivos primavera-verão e verão-outono. Pelotas, RS, 2008.....	39
Figura 6	Valores médios, máximos e mínimos da temperatura do ar, em comparação aos limites superior e inferior, durante o desenvolvimento do tomateiro cultivado em casca de arroz in natura, em ambiente protegido nos cultivos de primavera-verão (A) e verão-outono (B). Pelotas, RS. 2008.	46
Figura 7	Relação polinomial entre a condutividade elétrica e o consumo de solução nutritiva na primavera-verão. Pelotas, RS, 2008.....	47

Lista de Tabelas

Tabela 1	Composição da solução nutritiva original a ser empregada para a cultura do tomateiro.	23
----------	--	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

AF	área foliar $\text{cm}^2 \text{pl}^{-1}$
CE	condutividade elétrica dS m^{-1}
DAP	dias após o plantio
MFV	massa fresca vegetativa (g pl^{-1})
MFF	massa fresca de frutos (g pl^{-1})
MFT	massa fresca total (g pl^{-1})
MSV	massa seca vegetativa (g pl^{-1})
MSF	massa seca de frutos (g pl^{-1})
MST	massa seca total (g pl^{-1})
RS	radiação solar diária $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$
T	temperatura média do ar $^{\circ}\text{C}$

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Necessidades hídricas do tomateiro	17
2.2 Produção, distribuição de biomassa e qualidade de frutos	18
2.3 Radiação Solar	19
2.4 Disponibilidade de nutrientes	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Localização	22
3.2 Descrição dos experimentos.....	22
3.2.1 <i>Material vegetal e produção de mudas</i>	24
3.3 Sistema de cultivo sem solo.....	24
3.3.1 <i>Manejo da solução nutritiva</i>	25
3.3.2. <i>Manejo da cultura</i>	27
3.4 Avaliações e medidas experimentais	27
3.4.1 <i>Medidas climatológicas</i>	27
3.4.2 <i>Avaliações de crescimento das plantas</i>	27
3.4.3 <i>Consumo hídrico</i>	28
3.5 Delineamento experimental e análise estatística dos resultados.....	28
4 CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO CULTIVADO EM CASCA DE ARROZ IN NATURA SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA	30
4.1 Materiais e Métodos	31
4.2 Resultados e Discussão	33
4.3 Conclusões	36
5 RELAÇÃO ENTRE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E CONSUMO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA EM PLANTAS DE TOMATEIRO NO CULTIVO SEM SOLO EM DUAS ÉPOCAS DO ANO	40
5.1 Materiais e Métodos	41
5.2 Resultados e Discussão	42
5.3 Conclusões	Erro! Indicador não definido.
6 DISCUSSÃO GERAL	48
7 CONCLUSÕES GERAIS	49
8 REFERÊNCIAS.....	49

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, podemos observar a crescente exigência do mercado consumidor com relação aos produtos para a alimentação, com mais qualidade, saudáveis, com ausência de agroquímicos, além de regularidade na oferta.

O sistema de produção em ambiente protegido tem permitido isso com um grande aumento da produção de hortaliças e por possibilitar a produção em períodos de entressafra. No campo, é limitado o manejo dos fatores ambientais, consistindo fundamentalmente em ajustar as culturas ao ambiente, por meio da determinação de épocas de cultivo e da busca de resistência a fatores adversos como ventos, excesso ou escassez de chuvas, dentre outros (ANDRIOLO, 1999).

As hortaliças constituem um grupo de plantas com características de cultivo intensivo do solo, com dois ou três ciclos por ano, requerendo irrigação e o emprego de fertilizantes (ARAÚJO, 2002). Desta forma, em casa de vegetação, o cultivo de hortaliças no solo, tem apresentado dificuldades de manejo, tais como a salinização do solo resultante do uso intensivo da mesma área e inadequada fertilização. No estado do Rio Grande do Sul, Veduim & Bartz (1998) observaram aumento da concentração de nutrientes no solo de 44 estufas localizadas em distintas regiões. Também a ocorrência de plantas daninhas, patógenos do solo e pragas dificultam a condução de hortaliças cultivadas intensivamente no solo (COSTA et al., 2004).

A crescente demanda por hortaliças de qualidade tem impulsionado alterações nas técnicas de produção. Verifica-se gradual substituição do cultivo de hortaliças em solo para o cultivo em substrato, principalmente, quando a presença de patógenos no solo impossibilita o seu cultivo.

O cultivo sem solo, por sua vez, representa mais uma opção dentro das técnicas de produção agrícola, podendo se adequar perfeitamente às exigências da alta qualidade, alta produtividade, mínimo desperdício de água e nutrientes, sem a perda destes no solo. Este tipo de cultivo vem crescendo substancialmente no Brasil e se apresenta como uma alternativa, proporcionando maior rendimento e qualidade da produção, bem como, economia de energia e a redução da ocorrência de doenças. Além disso, através deste sistema de cultivo se desvincula a produção do

nível de fertilidade do solo e, adicionalmente, otimiza-se o uso da área, dispensando a rotação de culturas e o controle de plantas concorrentes.

A produção de hortaliças de frutos, em cultivos sem solo, tem crescido muito nos últimos anos. A princípio, somente hortaliças de folhas vinham sendo cultivadas neste sistema no Brasil (MONTEZANO, 2003). A produção de hortaliças de frutos representa uma segunda etapa na evolução dos cultivos sem solo no país (BACCHI, 2004; DUARTE, 2006; STRASSBURGER, 2007; MONTEZANO, 2007), e o tomateiro é uma cultura que tem se adaptado muito bem a tais sistemas de cultivo (FERNANDES et al., 2002; RATTIN et al., 2003; ANDRIOLO et al., 2004).

A cultura do tomateiro se reveste de grande importância para o setor hortigranjeiro da região sul do Estado do Rio Grande do Sul e apresenta-se como uma das melhores opções para os pequenos agricultores, pois absorve mão-de-obra, utiliza pequenas áreas e possibilita atingir altas produtividades, com bom retorno financeiro. A região de Pelotas se apresenta hoje como um dos maiores pólos de produção de tomate salada do País, visto que, aproximadamente, 70% do tomate produzido nesta região é do tipo salada. Esta cultura vem se mostrando como uma atividade de alto rendimento econômico e tem contribuído para melhorar a renda dos agricultores familiares nos últimos cinco anos, apesar das dificuldades e do baixo crescimento econômico da região nas últimas décadas.

A utilização de substratos e do cultivo adensado tem sido alternativas buscadas pelo produtor para otimizar a produção do cultivo em estufa. Mais do que exercer a função de suporte às plantas, o substrato para cultivo deve proporcionar adequado suprimento de ar e água ao sistema radicular. Adicionalmente, deve ser isento de fitopatógenos, de fácil manejo, baixo custo, alta disponibilidade e ter longa durabilidade (FERNANDES et al., 2002).

Considerando-se a disponibilidade e o baixo custo, tem sido investigada a possibilidade de utilizar, como componentes de substratos, os resíduos agrícolas produzidos em cada região. Assim, observa-se que vários autores desenvolveram pesquisas com os materiais predominantes em suas regiões como a casca de arroz (KÄMPF & JUNG, 1991; ANDRIOLO et al., 1999), bagaço de cana - de - açúcar (BIASI et al., 1995; FERNANDES et al., 2002), composto de resíduos hortícolas (URRESTARAZU et al., 2000), composto de resíduo de uva (REIS et al., 2001),

casca de amendoim (FERNANDES et al., 2002), fibra da casca de coco (NOGUERA et al., 1997; CARRIJO et al., 2004).

Esse também é o caso da região Sul do RS, onde a disponibilidade da casca de arroz é um fator fundamental a considerar, o que muitas vezes tem maior peso na decisão da sua adoção que suas próprias características. No processo industrial do arroz, as cascas correspondem a aproximadamente 20% do peso dos resíduos. Essas cascas, quando não são queimadas, visando ao aproveitamento energético, são deixadas no ambiente, criando problemas de estética, que se agravam quando levadas pelo vento para outras áreas (SOUZA, 1993). Anualmente só em Pelotas, o beneficiamento de arroz gera mais de 190.000 toneladas de casca *in natura*. Havendo necessidade de buscar alternativas para esse resíduo, a casca de arroz vem sendo usada com bons resultados na formulação de substratos, principalmente, na forma carbonizada.

Pesquisas realizadas recentemente na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no sul do Rio Grande do Sul, vêm demonstrando altos rendimentos de frutos de meloeiro (BACCHI, 2004; DUARTE, 2006; MONTEZANO et al, 2007) e de abobrinha italiana (STRASSBURGER, 2007) cultivados em casca de arroz *in natura* e com solução nutritiva recirculante, sem necessidade de realizar descarte e reposição completa da solução nutritiva durante o transcorrer do cultivo, havendo descarte do resíduo lixiviado somente ao final do ciclo de cultivo.

A composição da solução nutritiva a ser empregada no cultivo em substrato é diferente daquela recomendada para cultivos hidropônicos. Devem-se levar em consideração as interações entre os diferentes íons que compõem a solução, assim como, entre os íons e as partículas do substrato, as quais podem implicar em antagonismos e/ou imobilizações de nutrientes (ANDRIOLO et al., 2003), vindo a afetar o rendimento e a qualidade de frutos. Além disso, o suprimento de nutrientes em cultivo sem solo baseia-se, em geral, no fornecimento de soluções nutritivas com altas concentrações de íons. Este manejo, em termos estritamente relacionados ao crescimento das plantas, tem se mostrado muito adequado ao cultivo hidropônico (ANDRIOLO, 1999). Entretanto, esse procedimento tem reduzido a eficiência no uso dos nutrientes, podendo causar um consumo de luxo desses íons pelas plantas e, conseqüentemente, um desequilíbrio entre o crescimento vegetativo e reprodutivo. Além disso, causa problemas de salinização, com todas as suas conseqüências, no

cultivo em substratos. Portanto, há necessidade de desenvolver critérios específicos ao manejo da nutrição mineral em cultivos em substratos, principalmente, quando se pretende utilizar um material novo com esse fim.

As pesquisas realizadas na UFPel, mencionadas anteriormente, corroboram tais informações, uma vez que a utilização de soluções nutritivas com redução da concentração salina na ordem de 25 e 20% em relação as soluções nutritivas originalmente recomendadas para o cultivo em substrato de lã-de-rocha e de perlita, respectivamente, para as culturas do meloeiro (BACCHI, 2004; Duarte, 2006) e da abobrinha italiana (STRASSBURGUER, 2007) em casca de arroz *in natura*, proporcionou uma maior eficiência no uso da água e dos macronutrientes em relação à produção de matéria fresca produtiva (frutos), sem afetar o crescimento vegetativo e generativo (produção e distribuição de biomassa) e o rendimento comercial das referidas culturas.

É necessária, em alguns casos, a utilização de soluções diferentes para as diferentes estações do ano (MARTINEZ & BARBOSA, 1999; DUARTE, 2006; MONTEZANO, 2007). De maneira geral, recomendam-se soluções nutritivas menos concentradas na primavera-verão, para facilitar o processo transpiratório, e mais concentradas no inverno, para compensar a menor frequência de irrigação e, conseqüentemente, de fornecimento de nutrientes (STEIJN, 1995). Portanto, não existe concentração salina ótima e única que atenda às variações climáticas locais e sazonais que podem ocorrer durante o desenvolvimento das plantas.

São poucas as informações sobre o cultivo e a fisiologia da produção do tomateiro em ambiente protegido utilizando substrato casca de arroz *in natura* no Brasil. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento, produtividade e consumo de solução nutritiva pelo tomateiro na região de Pelotas sob casca de arroz *in natura*.

O trabalho a seguir está dividido em dois capítulos, sendo o primeiro sobre crescimento e produtividade da cultura e o segundo sobre a relação entre condutividade elétrica e consumo de solução nutritiva pelo tomateiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Necessidades hídricas do tomateiro

O conteúdo de água nos diferentes órgãos da planta (raiz, caule, pecíolo e folhas) varia ao longo do dia e em períodos mais longos, dependendo principalmente da água disponível no sistema radicular, da demanda hídrica atmosférica e do estágio de desenvolvimento da cultura (ACEVEDO et al., 1971).

A diminuição da evapotranspiração no interior das estufas plásticas em relação ao ambiente externo é devido a modificações meteorológicas impostas pela cobertura plástica das estufas, bem como o seu manejo. Isto deve-se principalmente à atenuação da radiação solar global incidente (BURIOL et al., 1995; FARIAS et al., 1993 a; FOLEGATTI et al., 1997), redução da velocidade do vento (FARIAS et al., 1993) e pela elevação da umidade relativa do ar (REISSER JR. 1991; STANGHELLINI, 1994). A evapotranspiração de referência no interior da estufa é da ordem de 60% daquela calculada no ambiente externo (MARTINS & GONZÁLES, 1995).

Dalsasso et al., (1997), cultivando tomateiro no interior de estufa em duas épocas, observou na primavera um consumo de água 38%, em média, superior em relação ao cultivo de outono. Valandro et al., (1999), em cultivo de tomateiro em substrato no interior da estufa, também encontrou uma transpiração maior na primavera do que no outono. Conforme resultados de Valandro et al. (1999) e Righi (2000), o aumento da umidade relativa do ar diminuiu a transpiração das plantas.

Sabe-se que as plantas de tomateiro requerem um potencial hídrico elevado para que o crescimento e desenvolvimento ocorra em condições ambientais ótimas (WAISTER & HUDSON, 1970). Torrencillas et al., (1995) observaram que plantas de tomateiro conduzidas em vasos com diâmetro de 16 cm e volume de 3 litros

reagiram rapidamente ao déficit hídrico no solo diminuindo o potencial hídrico e a condutância das folhas. Constataram ainda que as cultivares reagiram com intensidade distinta às deficiências hídricas.

Postingher (1995), trabalhando com dois híbridos de tomateiro em estufa plástica em solo, no cultivo primavera/verão obteve dados de consumo hídrico muito próximos, 425,3 mm e 411,4 mm em um ciclo de 168 dias, para híbridos Agora e Carmelo, respectivamente.

Já é sabido que a evapotranspiração no interior da estufa é bem menor do que no exterior, porém, no cultivo em substrato, o volume explorado pelas raízes é menor e também a quantidade de água disponível é menor do que diretamente no solo, requerendo, dessa forma, um fornecimento de água bem mais freqüente (VALANDRO et al., 1999; RIGHI et al., 2000).

2.2 Produção, distribuição de biomassa e qualidade de frutos

A produção de massa seca pelos organismos vegetais é o resultado da fixação do CO₂ atmosférico através da fotossíntese, realizada com o suporte energético proveniente da radiação solar (SHAFFER et al., 1996; ALPI & TOGNONI, 1999). Os compostos produzidos pela fotossíntese, chamados de assimilados, podem ser transportados na forma de sacarose, na maioria das espécies cultivadas, e armazenados, temporariamente, em órgãos de reserva como os frutos, ou, então usados como fonte de energia necessária ao funcionamento da planta, através da respiração (ANDRIOLO, 1999).

O padrão de distribuição dos assimilados entre os órgãos da planta do tomateiro, que é utilizado nos estudos em fisiologia, considera os assimilados produzidos pelos órgãos fontes, representados principalmente pelas folhas, sendo exportados para órgãos drenos como raízes, meristemas e frutos. O termo força de dreno é definido como sendo a habilidade que tem um determinado dreno para atrair assimilados para seu próprio crescimento. A força de fonte refere-se à taxa em que os assimilados são produzidos. Uma planta é descrita como um conjunto de órgãos drenos, regidos por relações competitivas entre as fontes e os drenos e também entre os diferentes drenos da planta (KONING, 1994; MARCELIS, 1996).

Para aumentar a força das fontes, a área foliar pode ser aumentada por meio de uma maior densidade de plantas e/ou pelo aumento do número de hastes por planta (COCKSHULL et al., 1992). Já a alocação dos assimilados das fontes para os drenos da planta do tomateiro depende principalmente do número de frutos existentes sobre a planta (HEUVELINK, 1996). Os valores máximos da fração de massa seca alocada para os frutos da planta do tomateiro, em cultivos no Sul do Brasil, estão próximos a 0,40 no outono e 0,50 na primavera (ANDRIOLO *et al.*, 1998; e ANDRIOLO & FALCÃO, 2000). Já em outros países, como Holanda, são atingidos valores superiores a 0,60 (KONING, 1994; HEUVELINK, 1996).

Dentre os fatores que podem influenciar na acumulação e repartição da massa seca entre os órgãos da parte aérea, podem ser citados e relacionados ao presente estudo: radiação solar interceptada pela cultura, a temperatura e a disponibilidade de nutrientes.

2.3 Radiação Solar

A produtividade do tomateiro em estufa é fortemente influenciada pela radiação solar incidente sobre a cultura (PAPADOPOULOS & PARARAJASINGHAM, 1997). Para Pelotas, Beckmam et al., (2006) indicaram que a disponibilidade de radiação solar é inferior à necessária para o crescimento da cultura do tomateiro em estufas nos meses mais frios do ano, principalmente, maio, junho e julho. Quando a radiação solar diminui durante o ciclo de produção da cultura, caso típico das hortaliças cultivadas nos meses de outono no Sul do Brasil, uma competição pelos assimilados se estabelece entre as partes vegetativas e os frutos. Persistindo a deficiência, o crescimento dos frutos passa a ser prioritário, em detrimento das folhas. Os frutos continuam seu crescimento, mas a planta começa a perder sua massa vegetativa, caracterizando o início do processo de senescência e morte (ANDRIOLO, 2000).

Nas estufas sem aquecimento, a baixa disponibilidade radiativa vem acompanhada também por temperaturas baixas. A interação desses elementos meteorológicos é responsável por inúmeros distúrbios de crescimento do tomateiro,

como problemas de polinização e/ou pegamento de frutos e baixa proporção de massa seca alocada para os frutos (CTIFL, 1995; HO, 1996).

2.4 Disponibilidade de nutrientes

A produção e distribuição de matéria fresca e seca da planta poderá ser afetada pela disponibilidade de nutrientes. Isso varia com a espécie e com os níveis de condutividade elétrica (CE) avaliados. Em níveis mais elevados de CE (1,9 a 2,9 dS m⁻¹) não há aumento na produção de massa fresca e seca em meloeiro (DUARTE, 2006). Em níveis mais baixos de CE (0,9 a 1,8 dS m⁻¹), no cultivo de primavera/verão há uma resposta positiva de incremento da produção de biomassa fresca e seca dos frutos e das plantas de meloeiro (MONTEZZANO, 2007). Já a distribuição da massa fresca e seca entre frutos e órgãos vegetativos não é afetada pela variação da disponibilidade de nutrientes, independente dos níveis de CE avaliados para o meloeiro (DUARTE, 2006; MONTEZZANO, 2007). Para a cultura da abobrinha italiana, níveis baixos de condutividade elétrica proporcionam redução da matéria seca vegetativa e dos frutos (STRASSBURGER, 2007).

Para o tomateiro estudos têm demonstrado que a disponibilidade de nutrientes no meio radicular em cultivo fora do solo afeta a acumulação e repartição da massa seca, o rendimento e também a qualidade dos frutos (ADAMS et al., 1994; CTIFL, 1995; ANDRIOLO et al. 1997; CORTÉS, 1999; RATTIN et al., 2003; ANDRIOLO et al., 2004).

Pesquisas com salinidade foram feitas com muitos cultivos em estufas, especialmente com tomateiro (CUARTERO & FERNANDEZ-MUÑOZ, 1999). Está estabelecido que o rendimento da cultura diminui com níveis muito elevados de salinidade (LI, 2000). No tomateiro, o rendimento de frutos decresce, uma vez que a absorção de água para o interior dos frutos é reduzida e o tamanho do fruto diminui. Entretanto, mesmo quando a produção de massa seca é reduzida pelo aumento da salinidade acima de 15 dS m⁻¹, a distribuição de massa seca não é afetada (HO & ADAMS, 1994). Já o conteúdo de massa seca nos frutos é aumentado com a elevação da condutividade elétrica, o qual é um parâmetro de qualidade muito importante. Outros parâmetros de qualidade de frutos do tomateiro, como acidez,

concentração de açúcares e sólidos solúveis totais, são também afetados altamente pelo aumento da salinidade (PETERSEN et al., 1998).

Entretanto o crescimento de frutos do tomateiro é relativamente tolerante a salinidade na zona radicular para níveis mais baixos de CE. Por exemplo, nem a produção nem a distribuição de matéria seca entre os órgãos foi afetado pela salinidade acima de 6 dS m^{-1} no sistema NFT (EHRET & HO, 1986).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização

Os experimentos foram conduzidos no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia, no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no Município do Capão do Leão, RS, cuja localização geográfica aproximada é latitude 31°52' Sul e longitude 52°21' Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do mar. O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo, pela classificação de Köppen, do tipo Cfa.

Os ensaios foram conduzidos em uma estufa modelo “Arco Pampeana”, revestida de um filme de polietileno (150 µm de espessura), compreendendo uma área de 210 m² (10 x 21 m) e disposta no sentido Norte-Sul. Anteriormente à construção das estruturas utilizadas para o cultivo sem solo, o solo foi nivelado e coberto com filme de polietileno dupla face (branco/negro) de 150 µm de espessura, com a face branca exposta.

Durante o período de duração de cada experimento, o manejo do ambiente da estufa foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura diária das janelas laterais entre os horários das 8:00 horas às 17:30 horas (T.U.), com exceção para os dias com precipitação ou vento muito forte.

3.2 Descrição dos experimentos

Este estudo foi composto por dois experimentos, os quais foram desenvolvidos em duas épocas distintas: primavera/verão (2007/2008) e verão-outono (2008). São duas épocas de cultivo que se caracterizam por disponibilidades radiativas e térmicas diferentes, assim como dinâmicas opostas de evolução desses elementos do clima.

A partir da solução nutritiva ideal (Tabela 1) recomendada pela Japan Horticultural Experimental Station (Peil et al., 1994; Tabela 1) para a cultura do tomateiro em substrato, foram estabelecidos os diferentes tratamentos experimentais. Tal solução foi selecionada por apresentar equilíbrio eletroquímico e adequada relação entre os principais macro-nutrientes e contemplar o íon NH_4^+ na sua composição, uma vez que este é importante para a regulação do pH da solução e, principalmente, devido à obrigatoriedade do emprego do fertilizante comercial nitrato de cálcio, como fonte de cálcio, que determina a presença do íon NH_4^+ na composição da solução.

Tabela 1 – Composição da solução nutritiva original a ser empregada para a cultura do tomateiro

Macronutrientes	Concentração mmol^{-1}	Micronutrientes	Concentração (mg l^{-1})
NO_3^-	16,0	Fe	3,00
H_2PO_4^-	1,3	Mn	0,50
SO_4^{2-}	2,0	Zn	0,05
NH_4^+	1,3	B	0,15
K^+	8,0	Cu	0,02
Ca^{2+}	4,0	Mo	0,01
Mg^{2+}	2,0		

Fonte: Japan Horticultural Experimental Station (PEIL et al., 1994)

A concentração salina da solução nutritiva foi avaliada em cinco níveis que constituíram-se nos tratamentos experimentais: solução nutritiva padrão (100% da concentração de nutrientes), correspondendo, aproximadamente, a uma condutividade elétrica estimada (CE_e) de $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ para o tomateiro, soluções nutritivas com redução de 30% e 60% da concentração de nutrientes em relação à solução padrão (CE_e de 1,6 e 0,9 para o tomateiro); e solução nutritiva com aumento de 30% e 60% da concentração de nutrientes em relação à solução

padrão, correspondendo a CE_e de 3,0 e 3,7 respectivamente. Os micronutrientes foram mantidos na concentração padrão em todas as soluções estudadas.

3.2.1 Material vegetal e produção de mudas

As mudas de tomateiro, Híbrido RODAS, foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 72 células preenchidas com substrato de vermiculita e dispostas em um sistema flutuante para fertirrigação de mudas. Nesta fase, foi utilizada a solução nutritiva recomendada pela Japan Horticultural Experimental Station (PEIL *et al.* 1994a; Tabela 1) para a cultura do tomate em substrato, na concentração de 50%, mantendo-se uma lâmina de solução de aproximadamente 5,0 cm de altura.

3.3 Sistema de cultivo sem solo

Na fase de cinco folhas definitivas as mudas foram transplantadas individualmente para sacos plásticos contendo 10 litros de casca de arroz *in natura* (conforme empregado por PEIL *et al.*, 1994), previamente saturados de solução nutritiva e perfurados na base, permitindo assim, a drenagem da solução nutritiva lixiviada. Para cada experimento, os sacos foram dispostos em canais de cultivo de madeira (0,30 m de largura e 7,5 m de comprimento), já existentes na estufa de cultivo, dispostos em 12 linhas duplas de cultivo (24 canais de cultivo), com distância interna de 0,50 m e caminho de 1,20m.

Um conjunto moto-bomba ($\frac{1}{4}$ HP), interligado em cada tanque, impulsionou a solução para a extremidade de maior cota do canal através de um cano de PVC de 25mm. A partir desse ponto, mangueiras de polietileno flexível conduziram a solução nutritiva sobre a linha de cultivo e, através de um gotejador, esta foi fornecida à base de cada planta, a intervalos de tempo pré-determinados segundo a fase do cultivo e a época do ano. Para promover a coleta e escoamento do lixiviado, os canais foram apoiados sobre cavaletes de ferro, de maneira a obter-se uma declividade de 2,0%. Internamente, os canais

de madeira foram revestidos com filme de polietileno dupla face branco-preto, de maneira a formar canais de plástico, que se fecham sobre os sacos de cultivo, minimizando o aquecimento da solução nutritiva, evitando a proliferação de algas e conduzindo o lixiviado da solução nutritiva até os tanques de depósito da solução nutritiva. Havia um tanque de armazenamento de solução nutritiva de 500 litros de capacidade para cada linha dupla, enterrado próximo à extremidade de cota mais baixa dos canais.

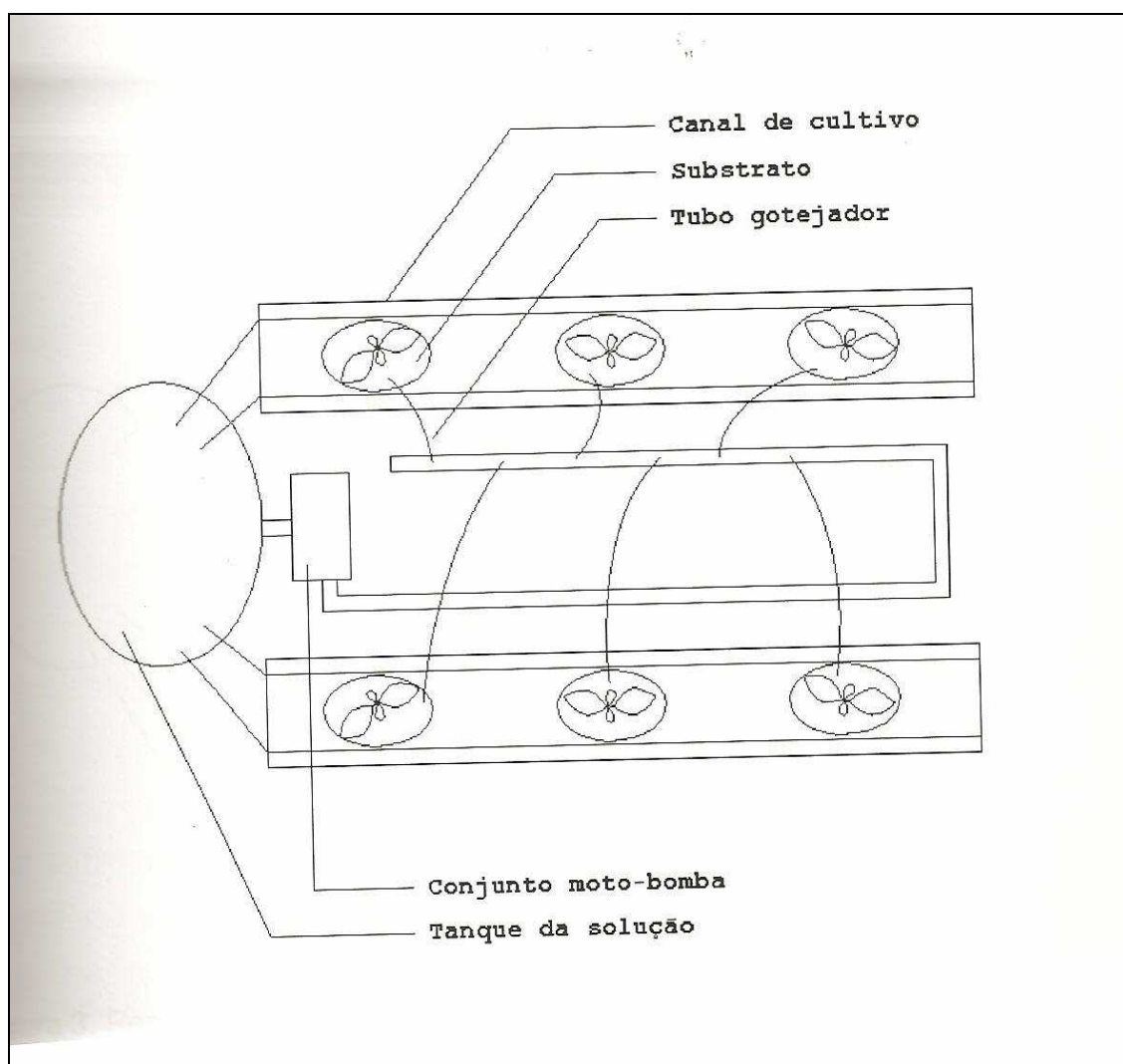


Figura 1: Representação esquemática do sistema de cultivo em substrato.

3.3.1 Manejo da solução nutritiva

A água da chuva foi recolhida através de canos de PVC conectados a porções terminais das calhas da estufa, sendo conduzida até um tanque de armazenamento de 5000 litros, para posterior utilização no preparo das soluções nutritivas.

Com o objetivo de estabelecer a relação entre a concentração de sais e a condutividade elétrica, esta foi medida logo após o preparo, determinando-se as condutividades elétricas iniciais de cada solução. O volume inicial de solução preparada foi de 400 litros para cada linha dupla de cultivo (parcela experimental). A solução nutritiva foi monitorada diariamente através das medidas de condutividade elétrica (empregando-se um eletrocondutivímetro digital) e de pH (empregando-se um pHmetro digital). A reposição de nutrientes ou de água foi realizada através da adição de soluções estoques concentradas ou de água da chuva estocada, quando o valor da condutividade elétrica sofrer, respectivamente, uma diminuição ou um aumento, da ordem de 20%. Não havendo variação da condutividade elétrica da solução nutritiva, se manteve um volume de solução suficiente para atender o consumo hídrico das plantas e que não comprometa o funcionamento das bombas de impulsão. O pH da solução nutritiva foi mantido entre 5,5 e 6,0 através da adição de solução de correção à base de ácido nítrico (HNO_3 1N) ou hidróxido de sódio (NaOH 1N).

No cultivo em substrato o sistema de irrigação ficou acionado por um período de 8 horas antes do transplante das mudas até o ponto de saturação hídrica, com a finalidade de irrigar previamente a casca de arroz. Logo após o transplante, o conjunto moto bomba foi acionado por oito intervalos de um minuto cada na fase vegetativa e de dois minutos na fase reprodutiva no período diurno (das 8 horas às 18 horas) e no período noturno, o sistema foi mantido desligado, em ambas fases. A vazão média diária por planta prevista foi estabelecida conforme a fase de desenvolvimento mais 20% de solução nutritiva para drenagem, resultando em 0,80 L planta dia^{-1} na fase inicial (crescimento vegetativo) e 1,60 L planta dia^{-1} na segunda fase (florescimento e frutificação).

3.3.2. Manejo da cultura

Os sacos de cultivo foram dispostos de maneira que a distância entre plantas dentro da linha de cultivo (canal de cultivo) fosse de 0,42 m, o que resultou em uma densidade de 2,81 plantas m⁻², totalizando 16 plantas por canal de cultivo ou 32 plantas por linha dupla de cultivo.

As plantas foram conduzidas com haste única e tutoradas através de uma fita de ráfia presa na linha de arame disposta cerca de 3m acima da linha de cultivo e sustentada pela estrutura da estufa.

O monitoramento e controle de doenças e pragas foi realizado de acordo com as práticas convencionais.

3.4 Avaliações e medidas experimentais

3.4.1 Medidas climatológicas

Durante os experimentos, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar, em termohigrógrafo de registro contínuo, instalado em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do chão, localizado no centro da estufa. A radiação solar global no exterior da estufa foi obtida a partir dos dados registrados pela Estação Agroclimatológica de Pelotas (Convênio UFPel/EMBRAPA), localizada na área do Campus da UFPel, onde foram executados os experimentos.

3.4.2 Avaliações do crescimento das plantas

Avaliaram-se a matéria aérea fresca e seca acumulada pelas plantas no transcorrer dos experimentos, selecionando-se três plantas por repetição (12 plantas por tratamento), e separando-as em três frações: folhas, caules e frutos. As frações foram pesadas e secadas, separadamente, em uma estufa a 65°C, até peso constante. Também foi determinada a área foliar através de um equipamento

medidor de imagens (LI-COR, modelo 3100), o qual permite obter a área foliar total integrada de cada planta. As frações obtidas procedentes das podas das ramificações laterais, da desfolha (no caso de folhas senescentes) e da capação da planta foram incorporadas à fração folhas e caules e a fração dos frutos colhidos, foi incorporada individualmente a cada planta controle. Após a secagem, as diferentes frações, novamente, foram pesadas em balança de precisão, obtendo-se as suas respectivas matérias secas. A matéria seca e fresca total da planta correspondeu à soma das matérias de folhas, caules e frutos. Com base nesses dados, estabeleceu-se a produção e distribuição (índice de colheita) de matéria fresca e seca da parte aérea.

3.4.3 Consumo hídrico

Considerando que o sistema é fechado, os tanques de armazenamento das soluções nutritivas apresentam características próximas a dos lisímetros empregados para estimar o consumo hídrico em sistemas que utilizam substratos para o cultivo, conforme descrito por Valandro (1999), o consumo hídrico foi estimado através da leitura diária da altura da lâmina da solução nos tanques de armazenamento, considerando o volume de reposição. Nos distintos tratamentos, o volume inicial da solução nutritiva foi de 400 litros, correspondente a uma lâmina, com o uso de uma régua graduada, foi medido diariamente a altura da lâmina e com seus volumes correspondentes foi feita a diferença entre o volume do dia anterior menos o volume do dia da leitura. Com base nesses dados, foi possível estimar o volume de água consumido por dia e total ao longo do ciclo ($L\ pl^{-1}$).

3.5 Delineamento experimental e análise estatística dos resultados

O delineamento experimental adotado nos dois experimentos foi delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema unifatorial. Cada parcela foi constituída por um conjunto tanque de armazenamento da solução nutritiva/linha dupla de canal de cultivo (32 plantas). Para as análises relativas ao crescimento vegetal, qualidade da colheita e estado nutricional da cultura, foram utilizadas três plantas por repetição (12 plantas por

tratamento), evitando-se as bordaduras. Correlações lineares e regressões entre variáveis foram estabelecidas.

4 CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO TOMATEIRO CULTIVADO EM CASCA DE ARROZ *IN NATURA* SOB DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO NUTRITIVA

A crescente demanda por hortaliças de qualidade tem impulsionado alterações nos sistemas de produção. Verifica-se gradual substituição do cultivo no solo para o cultivo sem solo, principalmente quando da ocorrência de doenças radiculares (COSTA et al., 2004).

A produção de hortaliças de frutos em cultivos sem solo tem crescido nos últimos anos. Esse sistema de produção teve início no Brasil com a produção de hortaliças de folhas e as hortaliças de frutos representaram uma segunda etapa na sua evolução (BACCHI, 2004; DUARTE, 2006; STRASSBURGER, 2007; MONTEZANO, 2007), sendo o tomateiro uma das principais (FERNANDES et al., 2002; RATTIN et al., 2003; ANDRIOLO et al., 2004).

Alta disponibilidade e baixo custo são condições necessárias para a expansão do cultivo em substrato nas diferentes regiões do País. Uma das possibilidades consiste em empregar os resíduos agrícolas disponíveis em cada região. Existem pesquisas sobre o uso de materiais predominantes em diferentes regiões como a casca de arroz (Kämpf & Jung, 1991; EMBRAPA, 2007; COSTA & LEAL, 2008), bagaço de cana - de - açúcar (BIASI et al., 1995; FERNANDES et al., 2002), composto de resíduos hortícolas (URRESTARAZU et al., 2000), composto de resíduo de uva (REIS et al., 2001), casca de amendoim (FERNANDES et al., 2002) e fibra da casca de coco (NOGUERA et al., 1997; CARRIJO et al., 2004; COSTA & LEAL, 2008).

Na região Sul do RS a casca de arroz é um componente abundante do processo de industrialização, que corresponde a aproximadamente 20% do peso dos resíduos. É considerada um resíduo não inerte e não perigoso à saúde humana e ao meio ambiente. O problema é que, quando incinerada em ambiente fechado (caldeiras e fornos, por exemplo), resulta em cinzas que são tóxicas e prejudiciais ao homem. Outro destino comum da casca é o descarte em lavouras e fundos de rios, liberando gás metano - prejudicial à camada de ozônio - ao se decompor (PEROZZI & PEREZ, 2005).

No Rio Grande do Sul, responsável por 51% da produção orizícola nacional, - 760 mil toneladas de casca sobram da industrialização do arroz. Anualmente só em Pelotas, o beneficiamento de arroz gera mais de 190 mil toneladas de casca *in natura*. Atualmente alternativas vem sendo buscadas para contornar este problema como o uso da casca de arroz como fonte de energia limpa em usinas termoeletricas e seu emprego na formulação de substratos para o cultivo sem solo (PEROZZI, 2004).

A busca da sustentabilidade nos sistemas agrícolas de produção representa atualmente uma importante demanda socioeconômica. Ao utilizar insumos de origem local, de baixo impacto ambiental e custo reduzido, pode-se aumentar a rentabilidade e a independência do produtor rural, além de contribuir para a redução do consumo dos recursos naturais não renováveis. Nesse contexto, os resíduos agrícolas representam uma fonte de matéria prima para a agricultura. Em estado bruto e sem misturas, a casca de arroz é um material leve que apresenta alta porosidade e baixa capacidade de retenção de água. Pesquisas realizadas na Universidade Federal de Pelotas (UFPe) vêm demonstrando resultados satisfatórios de frutos de meloeiro (BACCHI, 2004; DUARTE, 2006; MONTEZANO et al, 2007) e de abobrinha italiana (STRASSBURGER, 2007).

São escassas no Brasil as informações de pesquisas sobre o emprego da casca de arroz *in natura* no cultivo sem solo do tomateiro. O objetivo do trabalho foi determinar o efeito de diferentes concentrações da solução nutritiva sobre o crescimento e a produtividade dessa cultura empregando como substrato a casca de arroz *in natura*.

4.1 Materiais e Métodos

Dois experimentos foram conduzidos em duas épocas de cultivo, na primavera/verão e verão-outono no Campo Didático e Experimental do Departamento de Fitotecnia, no Campus da Universidade Federal de Pelotas, no Município do Capão do Leão, RS, cuja localização geográfica aproximada é latitude 31°52' Sul e longitude 52°21' Oeste, com altitude média de 13 m acima do nível do

mar. O clima dessa região caracteriza-se por ser temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente, sendo, pela classificação de Köppen, do tipo Cfa.

Os ensaios foram conduzidos em uma estufa modelo “Arco Pampeana”, revestida de um filme de polietileno (150 μm de espessura), compreendendo uma área de 210 m^2 (10 x 21 m) e disposta no sentido Norte-Sul. Anteriormente à construção das estruturas utilizadas para o cultivo sem solo, o solo foi nivelado e coberto com filme de polietileno dupla face (branco/negro) de 150 μm de espessura, com a face branca exposta.

Durante o período de duração de cada experimento, o manejo do ambiente da estufa foi efetuado apenas por ventilação natural, mediante abertura diária das janelas laterais entre os horários das 8:00 horas às 17:30 horas (T.U.), com exceção para os dias com precipitação ou vento muito forte.

Os tratamentos foram constituídos por cinco concentrações de solução nutritiva, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema unifatorial. As parcelas foram constituídas por calhas com 16 plantas cada uma. As concentrações foram definidas com base na solução nutritiva recomendada pela Japan Horticultural Experimental Station (PEIL et al., 1994) para a cultura do tomateiro em casca arroz. A composição dessa solução é de 16,0; 1,3; 2,0; 1,3; 8,0; 4,0 e 2,0 mmol L^{-1} de NO_3^- ; H_2PO_4^- ; SO_4^{2-} ; NH_4^+ ; K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} respectivamente e de 3,0; 0,5; 0,05; 0,15; 0,02; 0,01 mg L^{-1} de Fe; Mn; Zn; B; Cu; Mo respectivamente e condutividade elétrica de 2,3 dS m^{-1} . A testemunha (T3) foi a solução com a concentração descrita e os demais tratamentos foram concentrações de 0,9 (T1); 1,6 (T2); 3,0 (T4) e 3,7 (T5) dS m^{-1} .

Foi empregada como substrato a casca de arroz *in natura*. O acondicionamento foi feito em sacos plásticos de 10 litros perfurados na base, colocados sobre canais de madeira revestidas com polietileno dupla face branco/preto. A solução nutritiva foi estocada em um reservatório de fibra de vidro com capacidade de 500 litros de capacidade. A fertirrigação foi feita através de uma moto-bomba de 0,25 HP e microtubos do tipo espaguete, com vazão de 6 L h^{-1} com um microtubo por planta. Foram feitas oito fertirrigações diárias com duração de um minuto nas primeiras quatro semanas após o plantio e dois minutos desse período até o final de cada experimento. Em cada fertirrigação, os volumes excedentes à

capacidade de retenção do substrato drenaram e foram canalizados para o reservatório.

A condutividade elétrica e o pH da solução nutritiva foram monitorados diariamente. Foram feitas correções da condutividade elétrica sempre que um desvio de 20% foi observado em relação aos valores de referência de cada tratamento, através da adição de água ou de alíquotas de solução nutritiva concentrada a 200%. O pH foi mantido no limite entre 5,5 e 6,0, mediante adição de H_2SO_4 na concentração de 1 mol.

Os sacos foram dispostos na densidade de $2,81 \text{ pl m}^{-2}$. As mudas do híbrido Rodas foram plantadas no dia 15/11/2007 e em 25/02/2008, na primavera-verão e verão-outono, respectivamente. Os frutos maduros foram colhidos e pesados. Ao final dos experimentos, aos 75 dias após o plantio (DAP) e 85 DAP, respectivamente, foram determinadas as matérias fresca e seca de folhas e caules em três plantas escolhidas aleatoriamente em cada repetição. A área foliar foi determinada através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR, modelo 3100). A matéria seca foi determinada após secagem em estufa, a 65°C , até peso constante. Os resultados foram submetidos à análise da variância e as médias foram comparadas ou submetidas à regressão polinomial, conforme o fator.

4.2 Resultados e Discussão

Os valores médios da CE em cada tratamento foram de 0,93; 1,63; 2,38; 3,1 e $3,7 \text{ dS m}^{-1}$ na primavera-verão e 1,0; 1,73; 2,52; 2,94 e $3,51 \text{ dS m}^{-1}$ no verão-outono. Essas diferenças em relação aos valores previamente estabelecidos situaram-se dentro dos limites de variação de 20% previstos no protocolo experimental (Figura 2). Esses valores foram empregados para ajustar os modelos na análise de regressão.

As médias das variáveis massa fresca vegetativa (MFV), de frutos (MFF) e total (MFT) na primavera-verão ajustaram-se a um modelo polinomial com valores máximos estimados de 331,46; 833,73 e $1171,43 \text{ g pl}^{-1}$ respectivamente, para essas variáveis na condutividade elétrica $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 1A). No verão-outono, a mesma tendência foi observada (Figura 2A) e o valor máximo para as mesmas

variáveis foi 192,63; 2262,91 e 2456,63 g pl⁻¹ respectivamente, obtidos na condutividade de 3,0 dS m⁻¹.

A massa seca vegetativa, de frutos e total mostrou efeito polinomial da concentração da solução nutritiva. Na primavera-verão (Figura 1B) os valores máximos estimados foram de 52,59 g pl⁻¹ na CE 2,3 (T3), 57,36 e 102,11 g pl⁻¹ na CE 3,7 (T5), respectivamente. No verão-outono (Figura 2B) para essas variáveis os valores máximos obtidos foram na CE de 3,0 dS m⁻¹ (T4) iguais a 56,9 ; 101,0 e 157,91 g pl⁻¹, respectivamente.

A evolução da área foliar da cultura nas duas épocas ajustou-se a mesma tendência polinomial observada na massa fresca e seca. Na primavera-verão o valor máximo estimado foi de 1333,35 cm² na CE de 2,3 dS m⁻¹ (Figura 3). No verão-outono, esse valor foi de 1714,15 cm² na condutividade elétrica e 3,0 dS m⁻¹.

As produções máximas de frutos obtidas no atual trabalho foram de 0,83 Kg pl⁻¹ na primavera-verão e de 1,52 Kg pl⁻¹ no verão-outono, são inferiores àquelas citadas na literatura em cultivos de tomateiro realizados em convencional, em ambiente protegido no solo e sem solo. Em cultivo convencional, são citadas produções de 25 t ha⁻¹ da cultivar Santa Clara (FERREIRA *et al.*, 2003) e de 48,0 t ha⁻¹ da cultivar Débora Plus (Guimarães, 1998). Em cultivo no solo no interior de estufas, produções de 5,1 kg pl⁻¹ no verão-outono e 6,2 kg pl⁻¹ na primavera-verão são citadas por Postingher *et al.*, (1996) e de 7,1 kg pl⁻¹ e 12,2 kg pl⁻¹ por Andriolo *et al.*, (2004), nessas épocas, respectivamente. Em ambiente protegido e cultivo fora do solo, produções de 3,3 kg pl⁻¹ foram obtidas no inverno-primavera do Rio Grande do Sul (ANDRIOLO *et al.*, 2003; RATTIN *et al.*, 2003) enquanto Fernandes *et al.* (2002) obteve até 1,3 kg pl⁻¹ em Minas Gerais.

A variação de produção constatada entre os resultados atuais e aqueles da literatura pode ser atribuída às condições ambientais relativas ao local ou a época de cultivo e também ao manejo da lavoura. O experimento de primavera-verão foi realizado em condições de elevada radiação e temperatura do ar. Essas condições interferem negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente na floração e fixação de frutos. Temperaturas do ar acima de 32° C ou abaixo de 21°C têm sido consideradas desfavoráveis à frutificação do tomateiro (CERMEÑO, 1990; LOPEZ *et al.* 2000). Nos experimentos que foram realizados, as médias das temperaturas mínimas e máximas, respectivamente,

situaram-se entre 25,7 – 37,5°C na primavera-verão e 20 e 31°C no verão-outono. Outro fator que contribui para a baixa produtividade nessa época é a incidência de viroses nas plantas, que é mais elevada do que nas épocas frias do ano (ÁVILA et al. 2004). Embora a ocorrência de altas temperaturas do ar seja normal da região Sul do RS nos meses de verão, o desenvolvimento de tecnologia para o cultivo do tomateiro nessa época é necessário a fim de obter regularidade de produção ao longo do ano.

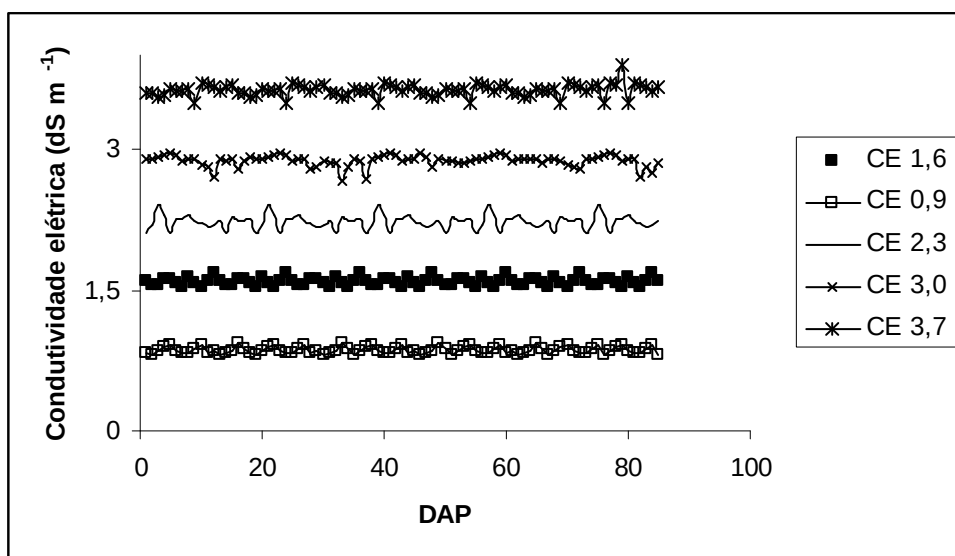
Os resultados indicaram valores de condutividade elétrica de 2,3 dS m⁻¹ e de 3,0 dS m⁻¹ como aquelas que maximizam a produção de frutos nos cultivos de primavera-verão e verão-outono, respectivamente. Observou-se após estes níveis de condutividade elétrica um decréscimo na produção de frutos em ambos os cultivos, respectivamente. Esses valores estão abaixo do encontrado na literatura para o cultivo sem solo com emprego de substrato por Andriolo et al., (2003) de 4,9 dS m⁻¹, em cultivos de outono e primavera. Uma das hipóteses que pode explicar é que o material casca de arroz *in natura* mesmo tendo uma alta relação C:N não exigiu por parte das plantas um maior consumo de Nitrogênio durante os cultivos em geral. Observou-se no período vegetativo do cultivo de verão-outono uma deficiência visual de Nitrogênio, sendo esta restabelecida após este período, podendo isto ter influenciando ou não a baixa produtividade observada. O mesmo não foi observado nas plantas de primavera-verão, o que nos possibilita afirmar que a o uso de casca de arroz *in natura* em ciclos curtos de desenvolvimento não tem influência na produtividade final, não necessitando o emprego de maiores concentrações de Nitrogênio nas soluções nutritivas empregadas.

Tem sido demonstrado na literatura que o aumento da concentração da solução diminui área foliar (AF) (STANGHELLINI & JONG, 1995; CUARTERO & FERNÁNDEZ-MUÑOZ, 1999; LI & STANGHELLINI, 2001; NOVELLA et al., 2008). Os atuais resultados estão de acordo com a literatura, pois houve decréscimo da AF após as CE 2,3 e 3,0 dS m⁻¹, nos cultivos primavera-verão e verão-outono, respectivamente.

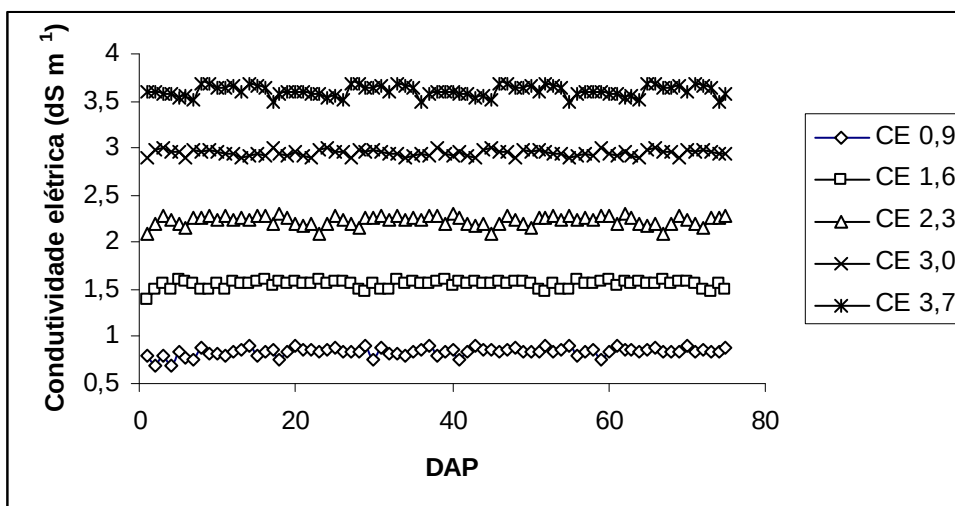
4.3 Conclusões

Condutividades elétricas de $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ e de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ maximizam a produção de frutos nos cultivos de primavera-verão e verão-outono, respectivamente.

Há decréscimo da AF após as CE $2,3$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, nos cultivos de primavera-verão e verão-outono, respectivamente.

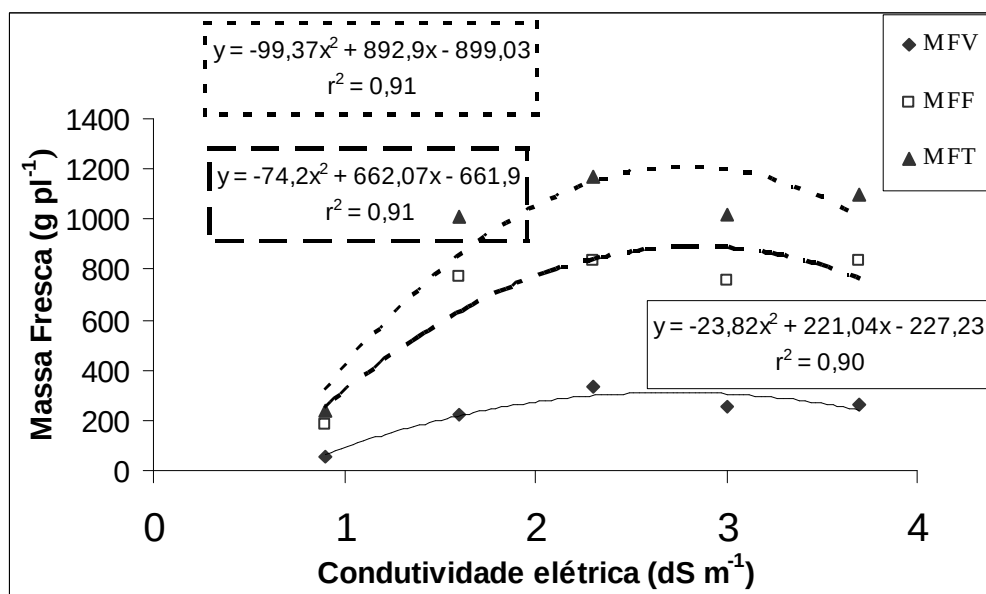


A

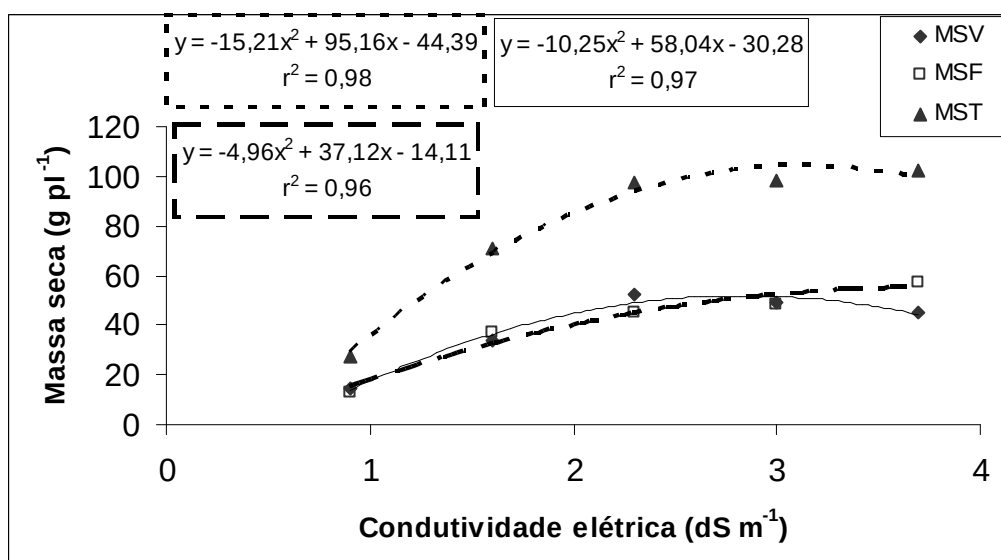


B

Figura 2: Variação da condutividade elétrica (dS m^{-1}) nas diferentes concentrações da solução nutritiva, nos cultivos de primavera-verão (A) e verão-outono (B). Pelotas, RS. 2008.

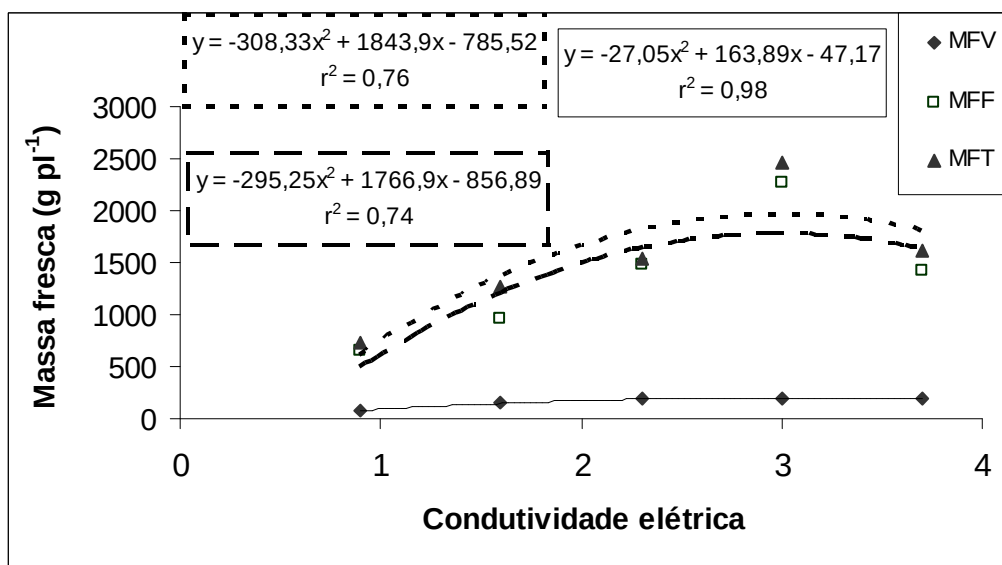


A

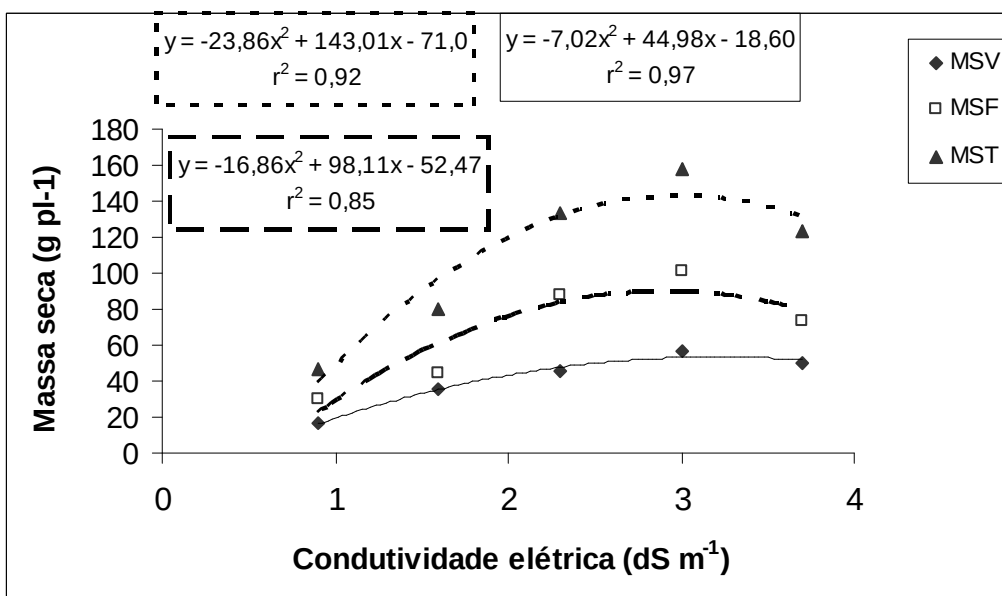


B

Figura 3 – Massa fresca (A) e seca (B) das plantas de tomateiro cultivadas sob diferentes condutividades elétricas, no cultivo primavera-verão. Pelotas, RS, 2008.



A



B

Figura 4 – Massa fresca (A) e seca (B) das plantas de tomateiro cultivadas sob diferentes condutividades elétricas no cultivo verão-outono. Pelotas, RS, 2008.

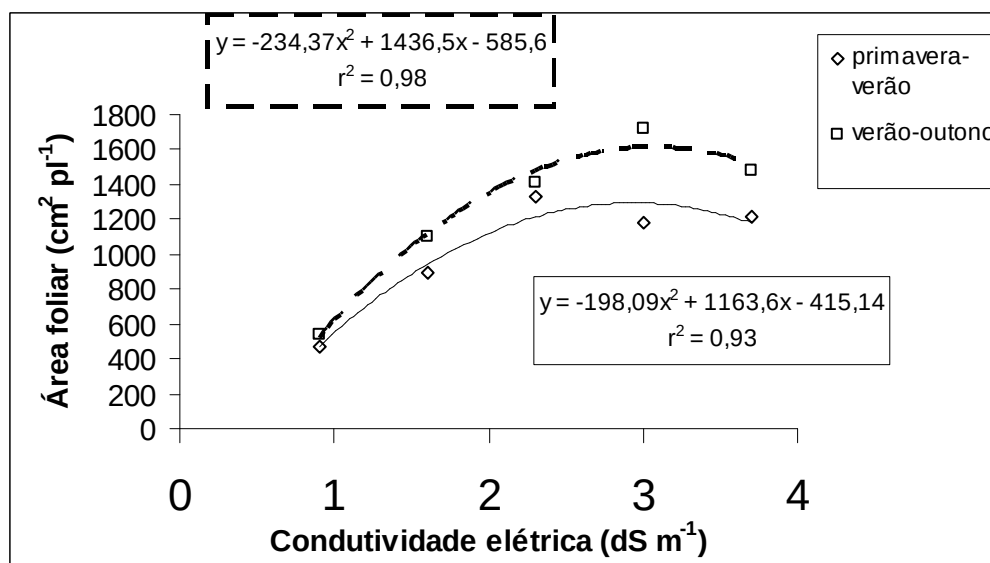


Figura 5 – Área foliar de plantas de tomateiro cultivadas sob diferentes condutividades elétricas na primavera-verão e verão-outono. Pelotas, RS, 2008.

5 RELAÇÃO ENTRE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E CONSUMO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA EM PLANTAS DE TOMATEIRO NO CULTIVO SEM SOLO EM DUAS ÉPOCAS DO ANO

O fornecimento de solução nutritiva em volume e intervalos de tempo adequados para atender à demanda de água das plantas é um dos principais desafios do manejo da fertirrigação nos sistemas de cultivo sem solo. Nos sistemas abertos, os desajustes entre a água fornecida e a demanda da planta implicam estresse hídrico ou perdas excessivas pela drenagem. Essas perdas têm impacto negativo tanto econômico e ambiental. Por isso, a migração dos atuais sistemas abertos para sistemas fechados é uma tendência para os próximos anos (HOCHMUTH & HOCHMUTH 2003).

Nos sistemas fechados, os níveis de salinidade em torno das raízes podem tornar-se elevados quando são empregados intervalos longos entre as fertirrigações. Esses níveis elevados podem ultrapassar os limites de tolerância das culturas, causando diminuição da produtividade. Nos sistemas fechados não há perdas por drenagem quando são feitas fertirrigações excessivas, porque os volumes fornecidos que excedem à capacidade de retenção em torno das raízes são recuperados. Entretanto, há aumento no custo de produção devido ao maior tempo de funcionamento das bombas. Por isso, critérios de manejo para maximizar a eficiência de uso da água e dos nutrientes são necessários no cultivo plantas em sistemas sem solo.

O manejo da fertirrigação deve levar em conta alguns fatores como a composição da solução nutritiva e a época do ano. A composição da solução nutritiva deve ser ajustada à demanda evaporativa da atmosfera. Em condições de baixa demanda evaporativa da atmosfera a concentração de nutrientes na solução pode ser mais elevada, para facilitar a absorção e transporte dos nutrientes transportados pelo fluxo de água, como o cálcio (LI, 2000). Entretanto, quando a demanda evaporativa da atmosfera é elevada, o aumento da demanda de água é superior ao aumento da demanda de nutrientes associada ao crescimento. Nessa situação, as plantas absorvem mais água do que nutrientes e a concentração salina da solução nutritiva pode aumentar, dificultando a absorção da água (STANGHELLINI, 1995). Consequentemente, a composição da solução nutritiva

deve ser ajustada às diferentes épocas do ano (MARTINEZ & BARBOSA, 1999; DUARTE, 2006; MONTEZANO, 2007). De maneira geral, recomendam-se soluções nutritivas menos concentradas na primavera-verão e mais concentradas no inverno (STEIJN, 1995).

A maior parte dos modelos de transpiração descritos na literatura está baseada em elementos meteorológicos como a radiação solar e o déficit de saturação do ar e também da planta, como o índice de área foliar (FUCHS et al., 2006; MEDRANO et al., 2005; HELDWEIN et al., 2001; VALANDRO et al., 2007). Esses modelos partem do pressuposto que a composição da solução nutritiva tem pouco ou nenhum efeito sobre a transpiração da cultura. Entretanto, os resultados de Pokluda & Kobza (2001) indicam que a concentração da solução deveria ser ajustada ao longo do ano de acordo com as variações na demanda de água da cultura. Não foram encontrados na literatura resultados similares nas condições brasileiras.

Uma das tendências atuais do mercado consumidor de hortaliças são a produção e abastecimento escalonado ao longo do ano com produtos de elevada qualidade, que dificilmente é compatível com o transporte a longas distâncias. Para tal, tecnologias adequadas devem ser desenvolvidas a partir de experimentos em todas as épocas do ano.

O objetivo do trabalho foi ajustar uma relação entre a condutividade elétrica e consumo de solução nutritiva de plantas de tomateiro cultivadas em sistema de cultivo sem solo com casca de arroz *in natura* em duas épocas do ano.

5.1 Materiais e Métodos

As informações referentes à estrutura e manejo do sistema de cultivo sem solo, implantação e manejo da cultura estão descritas no capítulo 1. Os tratamentos foram constituídos por quatro concentrações de solução nutritiva, com condutividades elétricas de 1,6 dS m⁻¹ (T1); 2,3 dS m⁻¹ (T2); 3,0 dS m⁻¹ (T3) e 3,7 dS m⁻¹ (T4).

A determinação dos volumes transpirados em cada tratamento foi feita através da estimativa da diminuição do volume de solução nutritiva nos reservatórios de solução nutritiva, de forma similar à metodologia empregada anteriormente por Valandro (1999). O consumo hídrico foi estimado através da leitura diária da altura da lâmina da solução nos tanques de armazenamento, considerando o volume de reposição. Nos distintos tratamentos, o volume inicial da solução nutritiva foi de 400 litros, correspondente a uma lâmina, com o uso de uma régua graduada, foi medido diariamente a altura da lâmina e com seus volumes correspondentes foi feita a diferença entre o volume do dia anterior menos o volume do dia da leitura. Com base nesses dados, foi possível estimar o volume de água consumido por dia e total ao longo do ciclo ($L\ pl^{-1}$).

Diariamente foi medida a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, em termohigrógrafo, instalado em abrigo meteorológico a 1,5 m de altura do solo na posição central da estufa de polietileno. A radiação solar global no exterior da estufa foi obtida na Estação Agrometeorológica de Pelotas (Convênio UFPe/EMBRAPA), localizada a aproximadamente 100 m da área experimental. No final do experimento a área foliar de três plantas de tomateiro por repetição foi determinada através de um equipamento medidor de imagens (LI-COR, modelo 3100).

5.2 Resultados e Discussão

A temperatura média do ar durante o experimento de primavera-verão foi de 32°C e no verão-outono foi de 26°C. As médias das temperaturas máximas e mínimas na primavera-verão foram de 37,5°C e 25,7°C e no verão-outono foram 31°C e 20°C, respectivamente (Figura 6 A e B).

O volume total de água absorvido pelas plantas no final do experimento de primavera-verão foi de 42,3; 60,2; 46,0; 51,82 $L\ pl^{-1}$ nos tratamentos com condutividades de 1,6; 2,3; 3,0 e 3,7 $dS\ m^{-1}$, respectivamente. No verão-outono foi de 30,5; 31,67; 43,82; 35,6 $L\ pl^{-1}$, respectivamente, para os mesmos tratamentos. Ao final dos experimentos, os valores de área foliar de cada planta foram de 892,97; 1133,35; 1179,26 e 1215,11 $cm^2\ pl^{-1}$ na primavera-verão e de 1103,84; 1410,82; 1714,15 e 1482,68 $cm^2\ pl^{-1}$ no verão-outono, respectivamente para condutividades de 1,6; 2,3; 3,0 e 3,7 $dS\ m^{-1}$.

Os volumes absorvidos foram convertidos por unidade de radiação solar e de área foliar. Uma relação polinomial foi ajustada entre a CE e o consumo de solução nutritiva na primavera-verão (Figura 7). No verão-outono não foi encontrada nenhuma relação e a média foi de 0,021 mL de solução nutritiva consumida por unidade de área foliar e de radiação solar, o que representa um total de 30 mL por planta e por unidade de radiação solar.

O período compreendido entre o transplante das mudas até a colheita foi de 75 e 85 dias para os cultivos de primavera-verão e verão-outono, respectivamente. A duração do ciclo do tomateiro geralmente é maior, no atual trabalho, obteve-se uma diminuição drástica na duração do ciclo quando comparado a outros autores em ambiente protegido no solo (POSTINGHER, 1995, BECKMAN, 2004; VALANDRO, 2004).

Este fato pode estar relacionado às condições ambientais em que foram conduzidos os experimentos, pois as condições meteorológicas são fatores importantes no desenvolvimento da planta.

A temperatura do ar e a radiação solar são fatores importantes no desenvolvimento do tomateiro, e estes, encontraram-se elevadas durante todo o ciclo de desenvolvimento, principalmente na primavera-verão.

Segundo Cermeño (1979), a temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura do tomate está entre 20°C e 24°C, tolerando temperaturas de 10°C a 34°C.

Na primavera-verão os valores médios diários de temperatura do ar ficaram acima desta faixa ótima em 100% dos dias que transcorreu o experimento. No verão-outono os valores médios de temperatura do ar ficaram acima desta faixa ótima em 77% do período de duração do experimento.

A temperatura máxima do ar ficou acima da temperatura limite superior de 34°C em 100% do período experimental do cultivo de primavera-verão e no verão-outono em 45% dos dias do ciclo da cultura.

As altas temperaturas no início do ciclo podem ter sido um dos fatores responsáveis pela baixa produção, pois segundo Cermeño (1979) e Cuartero et. al. (1995), temperaturas acima de 30°C são prejudiciais à cultura, principalmente se estas ocorrerem no período de florescimento, pois além de causar abortamento de flores podem afetar o pegamento dos frutos. Conforme Sonnemberg apud

Postinger (1995), altas temperaturas chegam a reduzir tamanho de frutos e consequentemente a produção.

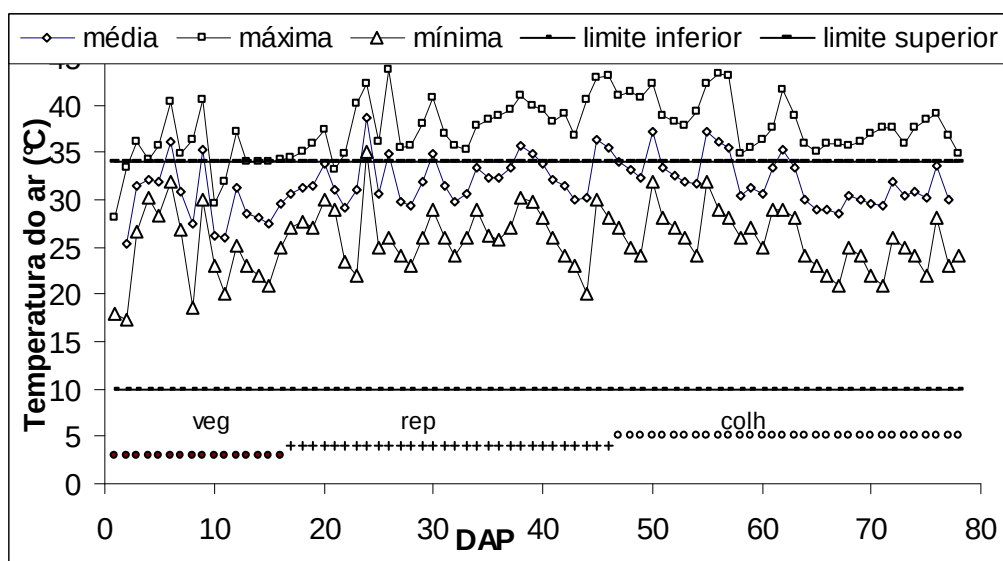
Para Adams et al. (2001) e Adams & Valdés (2002), o período de maturação dos frutos é altamente dependente da temperatura, principalmente de temperaturas médias altas. Conforme Verkerk apud Adams & Valdés (2002), quanto maior for a temperatura, menor será o período de maturação dos frutos. Na primavera-verão a temperatura média foi elevada em 100% dos dias desde o florescimento até a maturação, o que encurtou o ciclo, drasticamente.

Uma das principais consequências do aumento da CE da solução nutritiva é a diminuição da expansão das folhas e da área foliar da cultura. Resultados de Li (2000) e Li et al., (2001) mostram que a produtividade do tomateiro sob níveis crescentes de condutividade elétrica da solução nutritiva passa a diminuir a partir de valores em torno de $6,5 \text{ dS m}^{-1}$. A redução na área foliar e na produtividade chegou a 8% e 28% quando esses autores aumentaram a CE de 2,0 até $9,5 \text{ dS m}^{-1}$. Os resultados de primavera-verão não estão de acordo com os encontrados pelos referidos autores. A variação constatada pode ser atribuída às condições ambientais relativas ao local e a época de cultivo onde os experimentos foram conduzidos. Os resultados de Li et al., (2000) provém de experimentos feitos nos períodos de fevereiro-julho e agosto-outubro na Holanda, com níveis diários de radiação solar global de $11,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para ambos os períodos e temperatura do ar média de $19,25$ e $19,8^\circ\text{C}$, respectivamente. Essas condições são diferentes daquelas onde os atuais experimentos foram feitos. Em dias de forte calor, as temperaturas máximas do ar atingiram 48°C . Essas condições indicam uma condição de estresse ambiental desfavorável ao crescimento e produtividade da planta do tomateiro (SERRANO, 2000). Segundo esse autor, na cultura do tomateiro temperaturas maiores que 35°C causam sérios problemas, entre eles, baixo índice de pegamento de frutos, menor número de flores por cacho, baixa fertilidade e viabilidade dos óvulos e diminuição na quantidade de pólen.

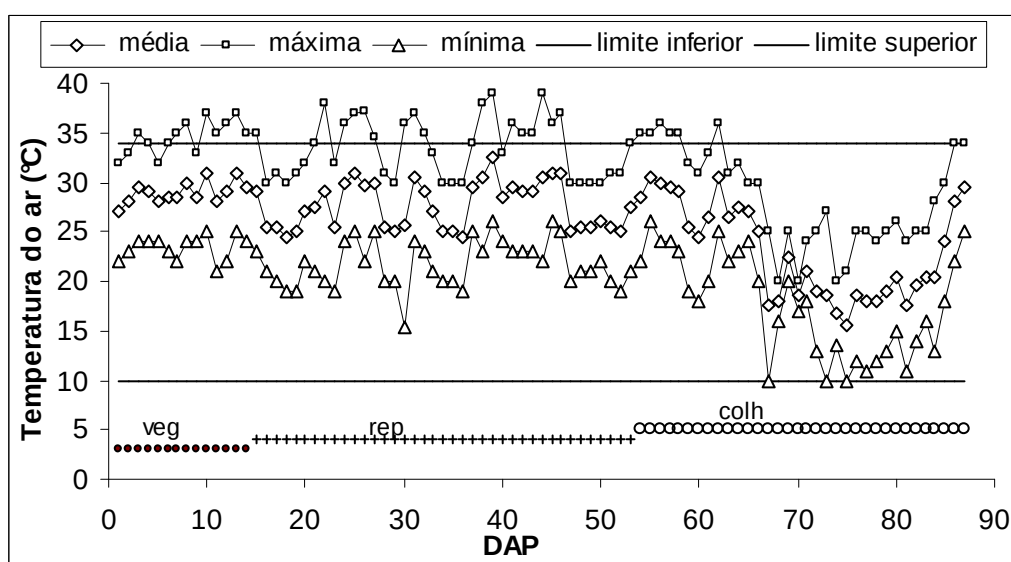
No verão-outono houve decréscimo da área foliar quando a CE passou de 3,0 para $3,7 \text{ dS m}^{-1}$. Essa hipótese deriva dos níveis empregados por Li et al., (2001), onde efeitos negativos como a diminuição do rendimento, absorção de água pelos frutos e tamanho de fruto, passam a surgir com o aumento da condutividade elétrica.

5.3 Conclusões

Há uma relação polinomial entre a condutividade elétrica e a transpiração no cultivo de primavera-verão.



A



B

Figura 6: Valores médios, máximos e mínimos da temperatura do ar, em comparação aos limites superior e inferior, durante o desenvolvimento do tomateiro cultivado em casca de arroz *in natura*, em ambiente protegido nos cultivos de primavera-verão (A) e verão-outono (B). Pelotas, RS. 2008.

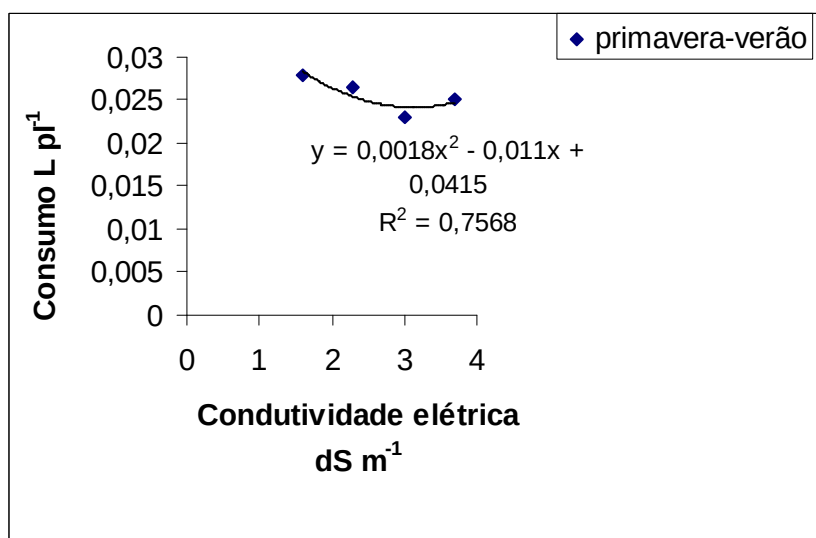


Figura 7 – Relação polinomial entre a condutividade elétrica e a transpiração na primavera-verão. Pelotas, RS, 2008.

6 DISCUSSÃO GERAL

A casca de arroz por ser um resíduo agrícola de grande disponibilidade, de fácil obtenção e baixo custo nas regiões produtoras torna-se uma alternativa para o emprego como substrato no cultivo sem solo. Seu uso *in natura* dispensa o processo de compostagem, ou associação com outros tipos de substratos, o que expande seu potencial de uso. Apesar de sua alta relação C:N, não exige maiores adições nas concentrações de Nitrogênio da solução nutritiva no decorrer do ciclo de cultura, não havendo decréscimo de produção de frutos até CE 2,3 e 3,0 dS m⁻¹, na primavera-verão e outono-inverno, respectivamente. A produtividade alcançada no atual trabalho foi semelhante à obtida com outros tipos de substratos regionais empregado em misturas como bagaço de cana - de açúcar e casca de amendoim pesquisado por Fernandes et al., (2002). Porém o emprego da casca de arroz *in natura* como substrato de cultivos sem solo é um assunto pouco explorado, sendo necessários maiores estudos usando diferentes épocas e concentrações de solução nutritiva.

Embora a duração dos experimentos tenha sido de apenas 75 e 85 dias, inferior à duração de 120 dias relatada por outros autores no mesmo local (POSTINGHER, 1996), esses resultados são originais porque representam condições de produção fora da época normal. Uma das tendências atuais do mercado consumidor de hortaliças são a produção e abastecimento escalonado ao longo do ano com produtos de elevada qualidade, que dificilmente é compatível com o transporte a longas distâncias. Para tal, tecnologias adequadas devem ser desenvolvidas a partir de experimentos em todas as épocas do ano.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados obtidos e as condições em que o experimento foi realizado, permitem concluir que:

- Condutividades elétricas de $2,3 \text{ dS m}^{-1}$ e de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ maximizam a produção de frutos nos cultivos de primavera-verão e verão-outono, respectivamente.

- Há decréscimo da AF após as CE $2,3$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, nos cultivos de primavera-verão e verão-outono, respectivamente.

- Há uma relação polinomial entre a condutividade elétrica e consumo de solução nutritiva no cultivo de primavera-verão.

8 REFERÊNCIAS

ACEVEDO, E.; HSIAO, T. C.; HENDERSON, D. W. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. **Plant Physical**. v. 38, p. 131-137, 1971.

ADAMS, P.; SERRA, G.; TOGNONI, F.; LEONI, S. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. **Acta Horticulturae**, n. 361, p. 245-257, 1994.

ADAMS, S. R. et al. The impact of changing light levels and fruits load on the pattern of tomato yields. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 76, p. 368-373. 2001.

ADAMS, S. R.; VALDÉS, V. M. The effect of periods of high temperature and manipulating fruit load on the pattern of tomato yields. *Journal of Horticulture Science & Biotechnology*, 77, p. 461-466. 2002.

ALPI, A. TOGNONI, F. **Cultivo en invernadero**. 3. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1999. 347 p.

ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v.15, 1: 28-32, 1997.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.

ANDRIOLO, J.L.; FALCÃO, L.L. Efeito da poda de folhas sobre a acumulação de matéria seca e sua repartição para os frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, 1: 75-83, 2000.

ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M.; DAL ROSS, T.; GODÓI, R.S. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com reutilização da solução nutritiva drenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 485-489, julho-setembro 2003.

ANDRIOLO, J. L.; ESPÍNDOLA, M. C. G.; GODOY, R.; BORTOLOTTI, O. C.; LUZ, G. Crescimento e produtividade de plantas de tomateiro em cultivo protegido sob alta densidade e desfolhamento. **Ciência Rural**, v.34, n. 4, jul-ago, 2004 a.

ANDRIOLO, J. L.; ROSS, T. D.; WITTER, M. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do tomateiro cultivado em substrato com três concentrações de nitrogênio na solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.5, p 1451-1457, set-out, 2004 b.

ARAÚJO, W. F. **Aplicação de água carbonatada em abobrinha cultivada em solo com e sem cobertura plástica**. Piracicaba: ESALQ, 2002. 86 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiros", Piracicaba, 2002.

ÁVILA, A.C.; INOUE-NAGATA, A.K.; COSTA, H.; BOITEUX, L.S.; NEVES, L.O.Q.; PRATES, R.S.; BERTINI, L.A. Ocorrência de viroses em tomate e pimentão na região serrana do estado do Espírito Santo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.655-658, jul-set 2004.

BACCHI, S. **Crescimento, eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz**. Dissertação (Mestrado). UFPel, (Produção Vegetal), Pelotas. 65 p. 2004.

BECKMANN, M. Z. et al. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.86-92, jan-fev, 2006.

BIASI LA; BILIA DAC; SÃO JOSÉ AR; FORNASIERI JL; MINAMI K. Efeito de misturas de turfa e bagaço-de-cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. **Scientia Agricola**, 52: 239-243. 1995.

BURIOL, G. A .et al. Transmissividade a radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.1-4, 1995.
CARRIJO OA; VIDAL MC; REIS NVB; SOUZA RB; MAKISHIMA N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, n. 22, p. 05-09, 2004.

CERMEÑO, Z. S. Cultivo de hortalizas em invernaderos. Barcelona: Editorial Aedos, 1979. 360p.

CERMEÑO, Z. S. **Invernaderos Instalación y Manejo**. Lisboa: Ed. Lixeta LTDA, 1990, 353p.

COCKSHULL, K. E.; GRAVES, C.J.; CAVE, C. R. J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **Journal of Horticulture Science**, Asford Kent, v. 67, p. 11-24, 1992.

COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CAVARIANNI, R.L.; BARBOSA, J.C. Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.23-27, jan-mar 2004.

COSTA, E. & LEAL, M. P. Avaliação de variedades do morangueiro em sistemas hidropônicos sob casa de vegetação. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 425-430, Junho 2008.

CTIFL. Cente Technique Interprofessionel dès fruits e dès Legumes. **Maîtrise de la conduite climatique**. Paris: CTIFL, 1995. 127p.

CUARTERO, J.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J. J. Estressess abióticos. In: NUEZ, F. El cultivo del tomate. Madri: Mundi- Prensa, 1995. p. 352-382.

CUARTERO, J., FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R. Tomato and salinity, **Sci. Hortic.** 78, 83-125.1999.

DALSASSO, L. C. M. **Consumo de água e coeficiente de cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, M.) e do pepino (*Cucumis sativus*, L.) cultivados em estufa plástica.** Santa Maria, RS, 1997, 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, 1997.

DUARTE, T. S. **Crescimento do meloeiro cultivado em substrato de casca de arroz com solução nutritiva recirculante.** Tese (Doutorado). UFPel, (Produção Vegetal), Pelotas. 85 p. 2006.

EHRET, D.L.; HO, L.C. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. **Journal of Horticultural Science**, v. 61, p. 361-367, 1986.

EMBRAPA - Unidade Bento Gonçalves. Circular Técnica 62. **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico.** ISSN 1808-6810. Outubro, 2007.

FARIAS, J. R. et al. Efeito da cobertura plástica da estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p. 31-36, 1993 a.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; FONTES, P.C.R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 564-570, dezembro 2002 b.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J.A.C.; CORÁ, J.E. Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 559-563, dezembro 2002 a.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 468-473, julho-setembro, 2003.

FOLEGATTI, M. V. et al. Efeito da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos e evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p. 155-163, 1997.

FUCHS, M. et al. Evaporative cooling pad attenuates osmotic stress in closed-loop irrigated greenhouse roses. **Scientia Horticulturae**. n.111, p. 56–62, 2006.

GUIMARÃES, T.G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio.** 1998. 204 p. Tese (Doutorado), UFV, Viçosa.

HELDWEIN, A. B. et al. Evaporação da água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 2 – efeito da espécie cultivada e da época do ano nos valores obtidos em minitenques. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n.1, p. 43-49, 2001.

HEUVELINK, E. **Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis**. Wageningen - NL. 1996. 326 p. Dissertation. Wageningen Agricultural University, 1996.

HO, L. C. Tomato. In: Zamski, E.; Shaffer, A. A. (Eds.). **Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-sink relationships**. Marcel Dekker, New York, p. 709-728, 1996.

HOCHMUTH, G. & HOCHMUTH, R. **Open-Field Soiless Culture of Vegetables**. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. p 1-5, 2003.

KÄMPF AN; JUNG M. The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate. **Acta Horticulturae**, 294: 271-283. 1991.

KONING. A. N. M. **Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: quantitative approach**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1994. 240 p. (Dissertation).

LI, Y. L. **Analysis of greenhouse tomato production in relation to salinity and shoot environment**. Thesis Wageningen. (ISBN 90-5406-184-7) Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG), 97 p. 2000.

LI, Y. L.; STANGHELLINI, C.; CHALLA, H. Effect of EC and transpiration on production of greenhouse tomato. **Scientia Horticulturae**, 93, 267-279, 2002.

LI, Y.L., STANGHELLINI, C. Analysis of the effect of EC and potential transpiration on vegetative growth of tomato, **Sci. Hortic.** n.89, p. 9-21, 2001.

LOPEZ, J. C.; PUERTO, H.; ARCO, M. **Cultivo de pepino em ciclo outono-inverno**. Edita Caja Rural Almeria/ Estação Experimental de Almeria, p. 16-24, 2000.

MARCELLIS, L. F. M. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, p. 1281-1291, 1996.

MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. Substratos para hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 81-89, 1999.

MEDRANO, E. et al. Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. **Scientia Horticulturae** n.105, p. 163–175, 2005.

MINAMI, K.; HAAG, H. P. O tomateiro. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 397 p.

MONTEZANO, E. M. **Eficiência no uso da água e dos nutrientes e relações de contaminação de cultivos de alface em sistema hidropônico**. Pelotas: UFPel, 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2003.

MONTEZANO, E. M. **Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do meloeiro**. Pelotas, 2007. 141p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós - Graduação em Produção vegetal. Universidade Federal de Pelotas, 2007.

NOGUEIRA P; ABAD M; PUCHADES R; NOGUERA V; MAQUIEIRA A; MARTÍNEZ J. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. **Acta Horticulturae**, 450: 365-373. 1997.

NOVELLA, M.B.; ANDRIOLO, J. L.; BISOGNIN, D. A.; COGO, C.M.; BANDINELLI, M. G. Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1529-1533, 2008.

PAPADOPOULOS, A. P.; PARARAJASINGHAM. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 69, p. 1-29, 1997.

PEIL R.M.N., BOONYAPORN S., SAKUMA H. **Effect of different kind of media on the growth of tomato in soilless culture**. Report on Experiments in Vegetable Crops Production, 53: 67-73. Tsukuba International Agricultural Training Centre, Tsukuba, Japan. 1994.

PEROZZI, M. & PEREZ, P. 2005. **Protocolo de Quioto entra em vigor e abre oportunidades para o setor arrozeiro**. Disponível em: <<http://www.arroz.agr.br/site/arrozemfoco/050219.php>>. Acesso em: 16 out. 2009.

PEROZZI, M. 2004. Arroz em Foco: **Brasil pode gerar 200 megawatts de energia com a casca do arroz**. Disponível em: <<http://www.arroz.agr.br/site/arrozemfoco/040305.php>>. Acesso em: 16 out. 2009.

PETERSEN, K. K., WILLUMSEN, J., KAACK, K. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. **Journal of Horticultural Science**, 73 (2):205-215, 1998.

POKLUDA & KOBZA. In: Proceedings of the fifth International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies. **Acta Horticulturae**, n. 559, v. 2, 2000.

POSTHINGER, D. **Respostas agronômicas e quantificação do consumo hídrico da cultura do tomateiro cultivado em estufa plástica**. Universidade Federal de Pelotas, Dissertação (Mestrado). 59 p. 1995.

POSTINGHER, D., MARTINS, S. R., ASSIS, F. N. de. Cultura de Tomateiro em Estufa Plástica. **Rev. Bras. de Agrociência**, v.2, nº 2, 105-108, Mai.-Ago., 1996.

RATTIN, J.E.; ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 26-30, março 2003.

REIS JUNIOR, R.A; MONNEART, P.H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.360-364, novembro 2001.

REISSER, JR., C. **Evapotranspiração da alface em estufa plástica e ambiente natural**. Santa Maria, RS, 1991, 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, 1991.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48.

RIGHI, E. Z. T. **Consumo hídrico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado em estufa plástica e sua relação com variáveis meteorológicas em Santa Maria**. Santa Maria, RS, 2000, 83p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior De Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2000.

SERRANO, J. E. Cultivo hidropónico del tomate. In: Curso Superior de especialización. **Cultivos sin suelo II**. 2. ed. Almería: Spanha, p. 451-497, 2000.

SHAFFER, A. A.; PHARR, D. M.; MADORE, M. A. Cucurbits. In: Zamski, E.; Shaffer, A. A. (Eds.). Photoassimilate distribution implants and crops. **Source-Sink relationships**. New York: Marcel DeKKer, Inc. 1996. p. 729-757.

SOUZA, F. X. Casca de arroz carbonizado: um substrato para a propagação de plantas. **Lavoura arrozeira**. Porto Alegre, v.46, n.406, jan/fev. 1993.

STANGHELLINI C., De JONG T. A model of humidity and its applications in a greenhouse. **Agric. Forest Meteorol**. 76, 129-148. 1995.

STEIJN, B. **Training course on soilless cultivation of vegetables**. 79p. 1995.

STRASSBURGER, A. S. **Cultivo da abobrinha italiana em substrato de casca de arroz em ambiente protegido com solução nutritiva recirculante**. Dissertação (Mestrado). Produção Vegetal. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, 2007.

TORRENCILLAS, A. et al. Water relations of two tomato species mudes and water atress and recovery. **Plant Science**, v. 105, p. 345-361, 1991.

URRESTARAZU M; SALAS MC; RODRÍGUEZ R; ELORRIETA MA; MORENO J. Evaluación agronómica del uso del compost de residuos hortícolas como sustrato alternativo en cultivo sin suelo en tomate. **Actas de Horticultura**, n. 32, p. 327-332. 2000.

VALANDRO, J.; ANDRIOLO, J. L. BURIOL, G. A. Dispositivo Lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n. 2, p.189-193, 1999.

VEDUIM, J.V.R.; BARTZ, H.R. Fertilidade do solo e rendimento do tomateiro em estufa de plástico. **Ciência Rural**, v. 28, n. 28, p. 229-233, 1998.

WAISTER, P. D.; HUDSON, J. P. effect of soil moisture regimes on leaf deficit, transpiration and yield of tomatoes. **Journal of Horticulture Science**, Oxford, v.45, p. 359-370, 1970.