

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS ÁGRARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO

MARTA MARIVANIA SORANÇO GRABOWSKI

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO TOMATEIRO CULTIVADO EM AMBIENTE
PROTEGIDO IRRIGADO COM ÁGUA ENRIQUECIDA COM CO₂**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-
NÍVEL MESTRADO e DOUTORADO

MARTA MARIVANIA SORANÇO GRABOWSKI

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO TOMATEIRO CULTIVADO EM AMBIENTE
PROTEGIDO IRRIGADO COM ÁGUA ENRIQUECIDA COM CO₂**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães.
Co-Orientador: Prof. Dra. Márcia de Moraes Echer.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

G728d	Grabowski, Marta Marivania Soranço Desempenho produtivo do tomateiro cultivado em ambiente protegido irrigado com água enriquecida com CO₂. / Marta Marivania Soranço Grabowski. – Marechal Cândido Rondon, 2010. 77 p. Orientador: Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães Co-Orientador: Prof^a Dr^a Márcia de Moraes Echer Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2010. 1. Tomateiro - Irrigação por gotejamento de CO₂. 2. Tomate - Produção - Ambiente protegido. 3. Tomate. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título. CDD 21.ed. 635.642 CIP-NBR 12899
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



Estado do Paraná

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação da Engenheira Agrônoma **MARTA MARIVANIA SORANÇO GRABOWSKI**. Aos trinta dias do mês de junho de 2010, às 14:00 horas, sob a presidência do Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães, em sessão pública reuniu-se a Comissão Julgadora da defesa da Dissertação da Engenheira Agrônoma MARTA MARIVANIA SORANÇO GRABOWSKI, discente do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia, nível Mestrado e Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof. Dr. Rerison Catarino da Hora (UEM), Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira, Prof^a. Dr^a. Márcia de Moraes Echer e Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães (Orientador).

Iniciados os trabalhos, a candidata apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: **"Desempenho produtivo do tomateiro cultivado em ambiente protegido irrigado com água enriquecida com CO₂"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

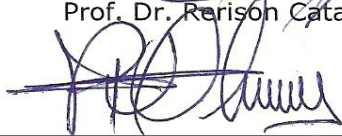
Prof. Dr. Rerison Catarino da Hora.....	Aprovada
Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski,.....	Aprovada
Prof ^a . Dr ^a . Márcia de Moraes Echer.....	Aprovada
Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães (Orientador).....	Aprovada

Apurados os resultados, verificou-se que a candidata foi habilitada, fazendo jus, portanto, ao título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, área de concentração: **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

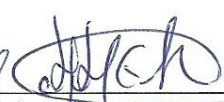
Marechal Cândido Rondon, 30 de junho de 2010.



Prof. Dr. Rerison Catarino da Hora



Prof. Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira



Prof^a. Dr^a. Márcia de Moraes Echer (Co-Orientadora)



Prof. Dr. Vandeir Francisco Guimarães (Orientador)

DEDICO

À minha filha Ana Elisa (*in memorium*),
que se foi cedo demais, deixando um
vazio imenso, minhas saudades e
meu amor eterno.

A Deus, simplesmente por tudo,
OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pela oportunidade de ter chegado até aqui. Agradeço a Ele a recompensa alcançada;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Unioeste, especialmente ao Campus de Marechal Cândido Rondon;

Ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Unioeste – Marechal Cândido Rondon pela oportunidade de realização deste trabalho;

Ao Conselho de Pesquisa e Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

Ao professor Dr. Vandeir Francisco Guimarães, pela orientação, pela amizade, pela paciência, pelo apoio e pelos ensinamentos recebidos;

À professora e co-orientadora Dra. Márcia de Moraes Echer, pelo ensinamento, pela amizade e pelas sugestões;

Ao Núcleo de Estações Experimentais, especialmente ao prof. Dr. Paulo Sérgio Rabelo de Oliveira;

Aos funcionários da Estação Experimental de Horticultura e Controle Biológico, Juarez Luiz Siedleski, Alfeo Seibert Filho e Marcelo Júnior Lang;

Aos laboratoristas da Unioeste Neusa Francisca Michelon Herzog e Gilmar Divino Gomes, pelo auxílio nas análises;

Ao Jorge Tomoyoshi Tamagi que disponibilizou equipamentos e dióxido de carbono necessários para realização do experimento;

As amigas incansáveis Juliana de Jesus Silva Davi e Ana Carolina de Cristo Leite pela ajuda e amizade;

Aos colegas de mestrado;

Ao meu marido, Ederson Luiz Grabowski, pelo amor, pelo carinho e principalmente pela compreensão durante as horas mais difíceis desta caminhada;

Aos meus pais, minhas irmãs, aos meus sobrinhos, pelo carinho e pelo amor;

A todos que contribuíram, direta e indiretamente para a realização e conclusão deste trabalho.

Resumo

Produtividade do tomateiro cultivado em ambiente protegido irrigado com água enriquecida com CO₂.

O experimento foi conduzido na Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon-PR, na Estação Experimental de Horticultura e Controle Biológico, Prof. Mário César Lopes. O presente trabalho teve como objetivo de avaliar as características produtivas do tomateiro em ambiente protegido, submetido a quatro doses de CO₂ aplicado via irrigação, por gotejamento. Foram realizados dois experimentos, o primeiro experimento foi conduzido na primavera/verão 2008/2009 e o segundo inverno/primavera 2009. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial quatro x quatro, com três repetições. Foram utilizadas quatro doses de CO₂ (0; 4; 7 e 10 L min⁻¹) e quatro híbridos de tomateiro (Alambra, Jennifer, Lumi e Sheila). Aplicou-se diariamente CO₂ via água de irrigação dos 15 dias após o transplante até o fim do ciclo da cultura. Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento a aplicação do CO₂ realizada as 10 h e as 15 h, com duração de 30 min por dia. Foram selecionadas seis plantas por parcela para realização das avaliações no primeiro experimento e três no segundo. As colheitas foram realizadas dos 62 DAT até 123 DAT no primeiro experimento, e 85 DAT até 137 DAT no segundo. Os frutos foram colhidos, e avaliados o diâmetro transversal e longitudinal dos frutos, produção e produtividade comercial de frutos, produção e produtividade não comercial de frutos, produção e produtividade total de frutos, número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, número de fruto total, número de frutos com podridão apical, acidez titulável, sólidos solúveis e pH. No primeiro experimento, a aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação: reduziram a produção e a produtividade comercial e total para os híbridos Alambra e Jennifer; aumentaram o teor de sólidos solúveis e acidez titulável para os híbridos Lumi e Sheila. O híbrido Alambra destacou-se dos outros híbridos por apresentar maior produção de frutos comercializáveis e o híbrido Jennifer destacou-se por apresentar maior diâmetro transversal de frutos e massa média de fruto comercial. No segundo experimento, a aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação reduziu a produção e a produtividade comercial e total de frutos, número de frutos total e comercial, massa média de fruto de fruto comercial e diâmetro transversal dos frutos de todos híbridos. A utilização de dióxido de carbono via água de irrigação via água de irrigação aumentou acidez titulável dos frutos, produção e produtividade de fruto não comercial e número de fruto não comercial. Não houve diferença dos híbridos para produção e produtividade comercial e total entre os híbridos. Porém, o híbrido Jennifer obteve maior massa de fruto e maior diâmetro transversal de fruto, assim pode obter melhor classificação.

Palavra-chave: *Solanum lycopersicum* L., dióxido de carbono, produção de tomate.

Abstract

Yield of tomato plants in a greenhouse irrigated with water enriched with CO₂.

The experiment was conducted at Unioeste Campus Rondon-PR, at the Experimental Station of Horticulture and Biological Control, Professor Mario Cesar Lopez. This study aimed to evaluate the characteristics of tomato production in greenhouse under four doses of carbon dioxide applied by irrigation, drip. Two experiments were conducted, the first experiment was conducted in spring / summer 2008/2009 and the second winter / spring 2009. We used a randomized design in factorial four x four, with three replications. We used four levels of CO₂ (0, 4, 7 and 10 L min⁻¹) and four hybrids of tomato (Alhambra, Jennifer, Sheila and Lumi). CO₂ was applied daily through irrigation water for 15 days after transplantation until the end of the cycle. The irrigation were executed daily at 10 o'clock during 15 minutes and 15 o'clock during 15 minutes, 15 days after the plants transplantation. We selected six plants per plot for conducting evaluations in the first experiment and three in the second. The fruits were collected, and evaluated the transverse and longitudinal diameter of fruit, commercial production of fruits, commercial fruits yield, commercial no production of fruits and commercial no fruit yield. Commercial productivity of fruit production and total yield, fruit number of commercial fruits, number of unmarketable fruits, number of fruit total number of fruits with blossom-end rot, acidity, soluble solids and pH. In the first experiment, the application of carbon dioxide through irrigation water, reduced yield and marketable yield and total for hybrids Alhambra and Jennifer; increased the soluble solids and acidity for hybrids and Sheila Lumi. The hybrid Alambra outranked the other hybrids showed the highest production of marketable fruit and the hybrid-emphasized Jennifer showed the highest diameter of fruit and average fruit trade. In the second experiment, the application of carbon dioxide through irrigation water reduced the production and marketable yield and total fruit, fruit number and total trade, average fruit commercial fruit and transverse diameter of the fruits of all hybrids. The use of CO₂ through water irrigation increased acidity of fruits. There was no difference of hybrids for commercial production and productivity and total between hybrids. However, the hybrid Jennifer got greater and greater fruit weight diameter of fruit, so you can get better ratings.

Keyword: *Solanum lycopersicum* L., carbon dioxide, production of tomato.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas médias, mínimas e máximas do ar (°C) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008/2009.	38
Figura 2. Temperaturas médias, mínimas e máximas do ar (°C) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009.	38
Figura 3. Umidade relativa do ar máxima, mínima e média (UR%) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009.	39
Figura 4. Umidade relativa do ar máxima, mínima e média (UR%) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise de solo do primeiro experimento. Unioeste. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	29
Tabela 2. Resultado da análise de solo do segundo experimento. Unioeste. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009	30
Tabela 3. Quadrados médios resultantes da análise de variância para produtividade comercial de fruto por ha (PCF), produtividade não comercial de fruto por ha (PNF), produtividade total de fruto por ha (PTF), produção comercial de fruto por planta (PCFP), produção não comercial de fruto por planta (PNFP) e produção total de fruto por planta (PTFP). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	41
Tabela 4. Quadrados médios resultantes da análise de variância para número de frutos comerciais por planta (NFC), número de fruto não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM), massa média de fruto não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	42
Tabela 5. Quadrados médios resultantes da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa fruto com podridão apical (MFPA), número de fruto com podridão apical (NFPA). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009.	42
Tabela 6. Médias do número de fruto comercial por planta (NFC), número de frutos não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM) e massa média de fruto não comercial em função das doses CO ₂ . UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	43
Tabela 7. Médias do número de fruto comercial por planta (NFC), número de frutos não comercial (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM) e massa média de fruto não comercial em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	44
Tabela 8. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão do teor de sólidos solúveis e acidez total titulável em função das doses de CO ₂ . UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	46
Tabela 9. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão do teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT) em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	46
Tabela 10. Média da massa fruto com podridão apical por planta (MFPA), número de fruto com podridão apical por planta (NFPA), produtividade não comercial de fruto por planta (PNF) e produção não comercial de fruto por ha (PNFP) em função das doses de CO ₂ . UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	48
Tabela 11. Médias da massa fruto com podridão apical por planta (MFPA), número de fruto com podridão apical por planta (NFPA), produção não comercial de fruto por planta (PNFP) e produtividade não comercial de fruto por ha	

(PNFP) em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	49
Tabela 12. Médias da produção comercial de frutos por planta (PCFP), produção total de frutos por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos por ha (PCF), produtividade total de frutos por ha (PTF) e diâmetro transversal de fruto, por híbridos ou grupo de híbridos, nas doses 0, 4, 7 e 10 L min ⁻¹ de CO ₂ , e significância dos contrastes. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	50
Tabela 13. Médias da produção comercial por planta (PCFP), produção total de frutos por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos por ha (PCF), produtividade total de frutos por ha (PTF) e diâmetro transversal (DT) em função dos híbridos dentro de cada dose de CO ₂ aplicada. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009	51
Tabela 14. Quadrados médios resultantes da análise de variância para produção comercial por planta (PCFP), produção não comercial de fruto por planta (PNFP), produção total de fruto por planta (PTFP), produtividade comercial de fruto (PCF), produtividade não comercial de fruto (PNF) e produtividade total de fruto (PTF). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009	56
Tabela 15. Quadrados médios resultantes da análise de variância para número de frutos comerciais por planta (NFC), número de fruto não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM), massa média de fruto não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009	57
Tabela 16. Quadrados médios resultantes da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa fruto com podridão apical (MFPA), número de fruto com podridão apical. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009	57
Tabela 17. Média do número de fruto comercial por planta (NFC), número de fruto não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM), massa média de fruto não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT) em função das doses de CO ₂ aplicadas via água de irrigação. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009	58
Tabela 18. Médias do número de fruto comercial por planta (NFC), número de frutos não comerciais por planta (NFR), número de frutos total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM), massa média de frutos não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT) em função dos híbridos. Unioeste. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009	59
Tabela 19. Médias da produção comercial de fruto por planta (PCFP), produção não comercial de frutos por planta (PNFP), produção total fruto por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos por ha (PCF), produtividade não comercial de frutos (PNF) e produtividade total de frutos por ha (PTF) em função das doses de CO ₂ aplicadas via água de irrigação. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009	61
Tabela 20. Médias da produção comercial de frutos por planta (PCFP), produção não comercial de frutos por planta (PNFP), produção total de frutos por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos (PCF), produtividade não	

comercial de frutos (PNF), produtividade total de frutos (PTFHa) em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009.62

Tabela 21. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS) e acidez total titulável (AT), razão entre teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa de fruto com podridão apical (MFPA) e número de frutos com podridão apical em função das doses de CO₂ aplicadas via água de irrigação. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009.....65

Tabela 22. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS) e acidez total titulável (AT), razão entre teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa de fruto com podridão apical (MFPA) e número de frutos com podridão apical em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 200965

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro	14
2.2 Dióxido de carbono	16
2.2 Enriquecimento da atmosfera e da água de irrigação com CO ₂	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Local de condução dos experimentos	26
3.2 Delineamento experimental.....	26
3.3 Genótipos utilizados	27
3.4 Aplicação de dióxido de carbono.....	28
3.5 Produção das mudas	28
3.6 Transplante das mudas	28
3.7 Solo e adubação	29
3.7.1 Primeiro experimento	29
3.7.2 Segundo experimento	30
3.8 Estrutura do ambiente de cultivo	31
3.9 Clima	31
3.10 Sistema de irrigação.....	31
3.11 Adubação de cobertura e condução do experimento	32
3.12 Tratamento fitossanitários	33
3.13 Colheita	33
3.14 Avaliações dos frutos	34
3.14.1 Componentes de produção	34
3.14.2 Componentes da qualidade do fruto	35
3.15 Análise de dados.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Temperatura e umidade relativa do ar	37
4.4 Primeiro experimento	41
4.4.1 Características produtivas e qualitativas dos frutos	41
4.5 Segundo experimento	56
4.5.1 Variáveis qualitativas e quantitativas.....	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
6 CONCLUSÃO.....	68
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1 INTRODUÇÃO

O tomate, junto com a batata e a cebola, é considerado uma das mais importantes hortaliças produzidas no Brasil, sendo utilizada na dieta alimentar como fonte de vitaminas e minerais. A produção nacional em 2008 foi de 3,87 milhões de toneladas em área de 42.038 ha, sendo que cerca de 65% são cultivados para o consumo *in natura* e 35% produzidos para o processamento industrial. No Brasil, a maior concentração de área plantada de tomate para consumo *in natura* está na região Sudeste, com 57%. Os estados do Sul participam com 19% do total da área plantada no país, sendo que o estado do Paraná contribui com 9% desta área (IBGE, 2008).

A cadeia produtiva de tomate tem forte relevância econômica no agronegócio brasileiro, pois movimenta uma cifra anual superior a dois bilhões de reais e é um dos mais importantes geradores de empregos na atividade rural.

O cultivo do tomateiro em ambiente protegido tem expandido nos últimos anos, principalmente na região Sul e Sudeste. O cultivo protegido possibilita alterar o ambiente de crescimento e reprodução das plantas, com controle parcial dos efeitos adversos do clima, e otimização da área.

Com o crescimento do cultivo protegido, novas tecnologias têm sido utilizadas para melhorar a produtividade, a qualidade dos frutos e a rentabilidade, em várias hortaliças. No Brasil, pesquisas com a utilização de dióxido de carbono (CO_2) aplicado via água de irrigação iniciaram-se na década de 90. Na Europa, o enriquecimento atmosférico com dióxido de carbono é uma prática usada há mais tempo pelos agricultores. No decorrer do tempo esta prática foi sendo aprimorada e foram desenvolvidos equipamentos e técnicas adequadas para a aplicação em diversas condições de clima e sistemas de produção. O avanço em tecnologias, como irrigação localizada por gotejamento, permitiram o fornecimento eficiente de água carbonatada as plantas.

Segundo Machado et al. (1999) a aplicação de CO_2 na água ou no ar baseia-se no fato de que alguns processos fisiológicos ou bioquímicos das plantas são beneficiados por este gás, causando respostas na produtividade de várias culturas agrícolas. Rezende et al. (2002) verificaram que nos ambientes enriquecidos com CO_2 a área foliar foi menor e o crescimento vegetativo na fase inicial foi mais uniforme, na cultura do pimentão.

O fornecimento de dióxido de carbono para as raízes, via água de irrigação, aumenta a quantidade de CO₂ no solo, provocando a redução do pH do solo, aumenta disponibilidade de fósforo e cálcio na solução do solo e favorece a absorção de zinco e manganês. Existem ainda muitos aspectos a esclarecer em termos de efeitos do CO₂ aplicado via água de irrigação sobre as plantas, como influência na produtividade e na melhoria da qualidade de frutos, doses a serem usadas e períodos de aplicação mais adequados para os diferentes tipos de cultivos, para alcançar uma relação benefício-custo máxima (PINTO et al., 2000).

Carneiro Junior (2004) conduziu experimento com objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de doses de CO₂, via água de irrigação, na produtividade e no teor de nutrientes do tomateiro. O enriquecimento da água com CO₂ produziu um efeito quadrático na produção total, produção comercial e no número de frutos comerciais, sendo que a melhor dose, estimada por regressão polinomial, foi de aproximadamente 7,3 L min⁻¹.

Dada a importância da cultura do tomate, a aplicação de água carbonatada no seu cultivo em ambiente protegido, pode produzir frutos de melhor qualidade, agregando valor à produção e conseqüentemente, garantindo maior remuneração aos produtores.

Tendo como hipótese as vantagens da utilização do CO₂ via água de irrigação, proporcionados a cultura do tomateiro, este trabalho objetivou avaliar as características produtivas de híbridos de tomateiro, em ambiente protegido, submetido a quatro doses de CO₂ aplicadas via irrigação, por gotejamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro

O tomateiro *Solanum lycopersicon* L. (BRICKELL et al., 2004), segundo Alvarenga (2004), tem como centro de origem a região dos Andes, desde o Equador, Colômbia, Peru, Bolívia, até o norte do Chile. Diversas espécies do gênero *Lycopersicon* cresceram livremente nessas áreas. Já sua domesticação ocorreu no México. Há relatos de que o tomate já estava integrado à cultura asteca na época da chegada dos espanhóis a América (GIORDANO; RIBEIRO, 2000). Foi introduzido na Europa, através da Espanha, entre 1523 e 1554. Inicialmente, foi considerado planta ornamental, sendo o uso culinário retardado, por temor de toxicidade (FILGUEIRA, 2003). Da Europa o tomate se difundiu para outros países, tendo sido reintroduzido nos Estados Unidos provavelmente em 1781 pelos colonizadores (SASAKI; SENO, 1994). No Brasil, seu hábito de consumo foi introduzido por imigrantes europeus no final do século XIX (ALVARENGA, 2004).

O tomateiro é uma solanácea herbácea, caule flexível e incapaz de suportar o peso da planta e dos frutos em posição vertical. As diferentes características da planta e do fruto condicionam o tipo de cultura, se de indústria ou consumo *In Natura*. O porte indeterminado é o da maioria das cultivares destinada a produção de frutos para mesa, são podadas e tutoradas, com caule atingindo mais de 2,5 m de altura. O caule ou ramo principal cresce mais que as ramificações laterais, apresentando dominância apical. O crescimento vegetativo da planta é vigoroso e contínuo, juntamente com a produção de flores e frutos (FILGUEIRA, 2003).

As cultivares de hábito de crescimento indeterminado são plantas muito complexas, pois ocorre simultaneamente o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo em grande parte do período de desenvolvimento. No período imediatamente anterior a maturação dos frutos do primeiro e segundo cacho, ocorre grande demanda de nutrientes e carboidratos para o crescimento dos frutos e a parte vegetativa paralisa o crescimento momentaneamente, nesta fase haverá maior exigência de água, nutrientes e condições adequadas de temperatura e luminosidade (TAKAHASHI, 1993).

Nas plantas de crescimento determinado, a ausência de dominância apical, cada haste ou ramificação apresenta um ramo floral apical, o qual limita o seu desenvolvimento vegetativo (ALVARENGA, 2004).

A emissão de um ramo floral ocorre a cada três folhas lançadas, constituindo as unidades de fonte e dreno. As três folhas acima de cada ramo floral dirigem a maior parte dos fotoassimilados para os frutos abaixo; já as folhas abaixo do primeiro ramo floral dirigem seus fotoassimilados para as raízes. As flores são hermafroditas e agrupadas em cachos, com aspecto de tamanho variado, dependendo da cultivar. A planta é normalmente autopolinizada, apresentando baixa incidência de frutos originários de cruzamento (FILGUEIRA, 2003).

Os frutos do tomateiro são bagas carnosas, suculentas, com aspecto, tamanho e pesos variados, conforme a cultivar. É composto pela película (casca), polpa, placenta e sementes. Internamente, os frutos apresentam septos que delimitam os lóculos nos quais as sementes se encontram imersas na mucilagem placentária. Dependendo da cultivar, os frutos podem ser bi, tri, tetra ou pluriloculares. A coloração dos frutos é geralmente vermelha, quando maduro, mas as cultivares japonesas do grupo “salada”, são rosadas. A cor vermelha deve-se ao carotenóide licopeno. O peso dos frutos varia de 25 g até mais de 400 g (FILGUEIRA, 2003).

Com o passar do tempo, o tomateiro recebeu melhoramento genético intensivo sendo, atualmente, de cultivo cosmopolita. Entretanto, condição de clima ameno e seco com boa luminosidade é ideal para o desenvolvimento da cultura. Quanto ao fotoperíodo, o tomateiro não responde significativamente, desenvolvendo-se bem tanto em condições de dias curtos quanto de dias longos. O fotoperíodo exerce pouca influencia no florescimento, entretanto, pouca luminosidade provoca aumento da fase vegetativa, retardando o início do florescimento (GIORDANO; SILVA, 2000).

A temperatura média no período de cultivo do tomateiro deve ser de 21°C, mas a planta pode tolerar uma amplitude de 10°C a 34°C. A planta de tomateiro tem seu crescimento reduzido, quando submetidas a temperaturas inferiores a 12°C, sendo sensíveis a geadas (GIORDANO; SILVA, 2000).

Todavia, em temperaturas médias superiores a 28°C, formam-se frutos com coloração amarelada em razão da redução da síntese de licopeno, responsável pela

coloração vermelha dos frutos de tomate e aumento da concentração de caroteno, pigmento que confere a coloração amarela ao fruto (SILVA; GIORDANO, 2000).

A produção de tomate é dividida em dois segmentos, tomate para processamento industrial e tomate de mesa utilizado *in natura*. A produção de tomate tem elevada importância econômica. Além de propriedades alimentícias benéficas para a saúde humana, a cultura é conhecida como poderosa fonte geradora de emprego e renda em todos os segmentos de sua cadeia produtiva (FILGUEIRA, 2003).

As cultivares de tomate de mesa são classificadas de acordo com o formato do fruto em dois grupos: oblongo, quando o diâmetro longitudinal é maior que o transversal, e redondo, quando o diâmetro longitudinal é menor ou igual ao transversal (BRASIL, 2002). A forma do tomate está relacionada ao grupo a que cultivar pertence. Os frutos das cultivares do grupo Santa Cruz apresentam formato oblongos ou alongados e predominantemente biloculares, tolerando-se, todavia a presença de três lóculos; os do grupo salada ou caqui possuem formato arredondado, globoso ou achatado e são tipicamente pluriloculares (FERREIRA et al., 2004).

2.2 Dióxido de carbono

O dióxido de carbono foi descoberto em 1754 pelo escocês Joseph Black, quando este estudava a possibilidade do bicarbonato de magnésio neutralizar a acidez estomacal. O dióxido de carbono, ou anidrido carbônico, ou gás carbônico é um composto químico constituído por dois átomos de oxigênio e um átomo de carbono. O dióxido de carbono (CO_2) é um gás incolor, produto da oxidação completa do carbono. Seu peso é 1,5 vez maior que o ar atmosférico e, portanto, se separa do oxigênio.

A matéria seca dos vegetais é constituída de aproximadamente 45% de carbono, sendo a principal fonte o CO_2 atmosférico. A atual concentração na atmosfera é de 360 a 370 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ (ZISCA et al., 2001). A concentração atmosférica poderá chegar a 600 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ em 2050, (SHAFFER et al., 1999), e poderá afetar a agricultura, uma vez que o enriquecimento do ambiente com CO_2

aumenta a produção de biomassa em plantas C_3 . A concentração ótima de CO_2 para o desenvolvimento das plantas deve estar entre 600 a 900 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. No entanto, valores maiores que 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ podem causar redução no crescimento das plantas (MORTENSEN, 1987; D'ALBUQUERQUE JUNIOR, 2003).

A concentração normal de O_2 na atmosfera é 21%, inibindo a absorção de CO_2 pelas plantas e aumentando a taxa de fotorrespiração. Esta relação CO_2/O_2 atmosférica, desde que não ocorram outros fatores limitantes à fotossíntese, reduz até 30% o potencial fotossintético da maior parte das plantas (BOWES, 1993). A principal razão é a competição entre CO_2 e O_2 atmosférico para serem fixados pela enzima RUBISCO (enzima ribulose 1,5 bifosfato carboxilase-oxigenase). O CO_2 e o O_2 competem pela reação com a RUBISCO, pois a carboxilação e a oxigenação ocorrem dentro do mesmo sítio ativo da enzima e essa competição faz que a eficiência da fotossíntese se reduz (TAIZ; ZEIGER, 2004). O balanço entre a carboxilação e a oxigenação é determinada pelas propriedades cinéticas da RUBISCO, pelas concentrações dos substratos CO_2 e O_2 e pela temperatura (TAIZ; ZEIGER, 2004). Segundo Morison e Gifford (1984) com o aumento do CO_2 , essa inibição do O_2 da fotossíntese é quase eliminado pela razão CO_2/O_2 . O incremento depende da temperatura. Quanto menor a temperatura, menor o efeito.

Em baixas temperaturas, a fixação e a redução de CO_2 ocorrem lentamente, aumentando rapidamente com o aumento da temperatura, até um valor ótimo. Em temperaturas supra-ótimas, a relação CO_2/O_2 é modificada a favor do oxigênio e, sendo assim, há uma redução na atividade da RUBISCO. Em temperaturas elevadas, ocorre uma total desorganização entre as muitas reações do metabolismo do carbono e o transporte de fotoassimilados. A temperatura ótima para fotossíntese varia com o estágio de desenvolvimento das plantas, estando na faixa de 20 a 30°C para a maioria das plantas tanto C_3 , como C_4 e CAM, sendo menor na fase de maturação (ACOCK et al., 1990).

O enriquecimento do ambiente com CO_2 minimiza os efeitos adversos da fotorrespiração, aumentando a fotossíntese líquida, a temperatura ótima para o crescimento e a absorção de nutrientes (DURÃO; GALVÃO, 1995). Ghannoum et al. (1997), trabalhando com variação da concentração de CO_2 e intensidade luminosa, obtiveram variação de 71% na massa seca de plantas C_3 (*Panicum laxum*) e 28% (*Panicum antidotade*). O aumento da velocidade de assimilação pode atingir 80% ao

ativar a RUBISCO, reduzindo a fotorrespiração, melhora o metabolismo, o crescimento e a produção.

O aumento da concentração de CO_2 reduz a transpiração e aumenta a fotossíntese, devido à redução da condutância estomática. Ocorre, por sua vez, um aumento na absorção de nitrogênio, para satisfazer a demanda extra desse elemento, a qual se deve ao crescimento mais rápido, provocado pelo estímulo da fotossíntese (ANDRIOLO, 1999). No entanto, segundo Morrison e Gifford (1984), não há consenso sobre os efeitos quantitativos do aumento do dióxido de carbono no crescimento das plantas, devido à diferença entre as espécies e ao efeito de fatores ambientais que limitam a respostas da planta ao CO_2 .

2.2 Enriquecimento da atmosfera e da água de irrigação com CO_2

O enriquecimento do ambiente com CO_2 teve início do século XX, para compensar a redução da concentração desse gás no interior das estufas. As primeiras fontes utilizadas para obtenção de dióxido de carbono foram o propano e a querosene, cuja combustão no interior das estufas gerava subprodutos tóxicos aos vegetais, como propileno, o etileno, o monóxido de carbono e óxido de enxofre.

Na atualidade, a produção industrial de CO_2 é ainda obtida pelo processo de combustão, mas o desenvolvimento de equipamentos e de técnicas adequadas, tem proporcionado a sua aplicação sob uma diversidade de condições climáticas e de plantio. Nos países tropicais, onde o cultivo em estufa é pouco utilizado, o gás carbônico é dissolvido na água e levado às plantas por irrigação.

A aplicação de CO_2 nas culturas melhora o metabolismo e o equilíbrio hormonal nas plantas e absorção de nutrientes, resultando em plantas mais produtivas, mais resistentes a doenças e ao ataque de pragas, gerando produtos de melhor qualidade (MORTESEN, 1984; KIMBALL¹ et al., 1994 apud TAMAGI et al., 2007). Quando a concentração de CO_2 é elevada para valores entre aproximadamente 700 e 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, obtém-se um aumento na fotossíntese da

¹ KIMBALL, B.A. et al. Effects of free air CO_2 enrichment on energy balance and evapotranspiration of cotton. **Agricultural Forest and Meteorology**. Amsterdam, 1994. v. 70, n. ¼, p. 259-78.

ordem de 20 a 25%, aumentando a eficiência das reações enzimáticas e ao mesmo tempo diminui a fotorrespiração da planta (ANDRIOLO, 1999).

O enriquecimento com CO₂ aumentou a fotossíntese líquida das plantas, verificando aumento em peso seco, altura das plantas, número de folhas e brotações laterais, segundo Mortensen (1987). Este autor também relatou que o enriquecimento com CO₂ aumentou em torno de 30% a eficiência do uso de água. Há indícios de que nos ambiente enriquecidos com dióxido de carbono a resposta das plantas quando a água é fator limitante é maior do que quando não há restrição de água (REZENDE et al., 2002).

A absorção de CO₂ se dá nos estômatos da planta por difusão. Os fatores ambientais e nutricionais que influenciam a abertura e fechamento dos estômatos, conseqüentemente influenciam na quantidade absorvida de CO₂, bem como a sua concentração na atmosfera.

O enriquecimento da atmosfera com CO₂ aumenta a absorção de nutrientes e a massa foliar, e conseqüentemente a produtividade, a produtividade e qualidade de frutos, de culturas sob ambiente protegido e com controle das condições ambientais (NIELSEN, 1983) situação que não acontece na agricultura brasileira, onde as estruturas apresentam apenas efeito guarda-chuva.

A cultura do tomateiro quando irrigado com CO₂ dissolvido na água, demonstrou que houve incremento na absorção de nutrientes e também aumento em massa fresca de frutos, principalmente quando o solo foi coberto com “mulching”, o que aperfeiçoou o efeito do gás no solo (NOVERO et al., 1991).

Trabalhando com enriquecimento carbônico da rizosfera da cultura da berinjela, Gao e Lips (1997), com 0,03%, levou ao aumento de massa seca de frutos, devido à absorção do CO₂ pela raiz, ficando provado que a planta recuperou na parte aérea em torno de 37% do ¹⁴C aplicado na rizosfera com a água de irrigação.

Nos cultivos protegidos, o enriquecimento do ambiente com CO₂ teve seu uso largamente difundido, principalmente pela melhora na produtividade, na qualidade, na maturação acelerada das plantas.

O CO₂ é solúvel em água, 99% como gás dissolvido e 1% como ácido carbônico. Os componentes do carbono inorgânico são CO₂, H₂CO₃⁻ e CO₃⁻². Segundo Enoch e Olsen (1993), a produção de íons de hidrogênio através da reação do dióxido de carbono com água ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons 2\text{H}^+ +$

CO_3^{2-}) contribui para a solubilização de alguns minerais do solo, e aumenta a disponibilidade destes para as plantas.

Enoch e Olesen (1993) avaliaram os resultados de mais de uma centena de trabalhos de enriquecimento com CO_2 via água de irrigação realizados nos últimos 80 anos. Foram encontradas evidências de cinco mecanismos. O dióxido de carbono no solo influencia: primeiro, a taxa de nitrificação e, portanto, de disponibilidade de nitrogênio; segundo, a taxa de solubilização de alguns minerais e pH, disponibilidade de outros nutrientes; terceiro, a absorção de CO_2 por fluxo de massa, contribuindo para a fotossíntese nas folhas; quarto, os níveis hormonais na planta; e quinto, a taxa de decomposição de pesticidas no solo.

Na rizosfera, maior concentração de dióxido de carbono provoca aumento na concentração de bicarbonato na solução do solo, modificando as atividades microbiológicas e a redução do pH, influenciando na absorção de fósforo, potássio, magnésio, zinco, ferro, manganês, cobre e boro pelas raízes das plantas; efeito este citado como provável causa do aumento em produtividade verificado para a cultura do tomate em função do fornecimento de dióxido de carbono (MAUNEY; HENDRIX, 1988; MOORE, 1990; NOVERO, et al., 1991).

Não existe um padrão de resposta das plantas, em relação à absorção, à distribuição e ao acúmulo de nutrientes, quando irrigadas com água enriquecida com CO_2 . A resposta da planta está relacionada ao tipo do solo, ao substrato de cultivo, às doses, à espécie, à temperatura e à acidez do solo (MACHADO et al., 1999).

Em cultivo hidropônico ou via água de irrigação, o fornecimento de CO_2 para as raízes, aumentou a incorporação de carbono inorgânico pelas raízes em até dez vezes em plântulas de tomate e também influencia positivamente na absorção de NO_3^- (CRAMER; LIPS, 1995). No entanto, Hartz e Holt (1991) consideram que a quantidade de CO_2 absorvida pelas raízes não seria mais que 0,1 a 1% do total fixado pela planta, não justificando o incremento produtivo dos cultivos quando fornecido no sistema radicular.

A irrigação com água carbonatada aumenta a concentração de CO_2 no solo e no ar. Segundo Baker (1988), isso pode aumentar o crescimento da raiz, porque se reduz a inibição do etileno e pode estimular a atividade de alguns microrganismos benéficos.

Em experimento com pimentão submetido a diferentes volumes de água aplicada e enriquecimento da atmosfera com CO_2 , Rezende et al. (2003)

observaram que nos tratamentos com restrição de água a maior massa fresca de frutos foi obtida nos ambientes com maior concentração de CO_2 , entretanto nos tratamentos que receberam volume igual ou maior que o volume evapotranspirado, a maior massa fresca de fruto foi verificada no ambiente com $600 \mu\text{mol mol}^{-1}$. O CO_2 promoveu o aumento da massa fresca e não do número frutos. A eficiência de uso da água aumentou em relação ao volume de água aplicado, sendo maior no ambiente com concentração de $600 \text{ mmol mol}^{-1}$.

Rezende et al. (2002a) realizaram experimento com objetivo de estudar o efeito do aumento da concentração de CO_2 na atmosfera e do volume de água aplicadas em plantas de pimentão no crescimento vegetativo. Verificaram-se nos ambientes enriquecido com CO_2 a área foliar foi menor e o crescimento vegetativo na fase inicial foi mais uniforme. Em experimento Rezende et al. (2002b) analisaram as características dos frutos de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO_2 e o volume de água aplicada em plantas de pimentão. Para todos tratamentos de água a espessura da polpa foi maior nos ambientes enriquecidos com CO_2 . Nos ambientes com 800 e $1000 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 , o diâmetro foi maior nas plantas irrigadas com os menores volumes. Plantas irrigadas com volume de $61,86 \text{ L}$, no ambiente com $800 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 , apresentaram maior comprimento de frutos.

Em experimento com alface, Gomes et al. (2005), estudaram a influência de doses crescentes de CO_2 via água de irrigação por gotejamento sobre o crescimento, o desenvolvimento, a fotossíntese e a produtividade da alface Elisa conduzida sob túneis plásticos. O número de folhas e a matéria seca da parte aérea da planta foram influenciados pela aplicação de CO_2 via água de irrigação, não ocorrendo o mesmo para matéria fresca e índice de área foliar. Os resultados indicaram a dose mensal de 153 kg ha^{-1} de CO_2 como a mais adequada para ser empregada na cultura da alface via água de irrigação, com um aumento de aproximadamente $25,5\%$, quando comparado à testemunha.

Tamagi et al. (2007), trabalharam com diferentes doses de CO_2 ($490,2$, $1470,6$ e $2941,2 \text{ Kg ha de CO}_2$) via água irrigação diária na cultura da alface, obtendo aumento na produtividade, respectivamente, de $26,52\%$, $14,47\%$ e $10,78\%$, em comparação ao tratamento sem a aplicação de CO_2 . A análise econômica mostrou viabilidade da aplicação de CO_2 via água de irrigação. Modolo et al. (2005) observaram que, com aplicação de CO_2 na cultura da alface, a relação

custo/benefício foi maior do que nos tratamentos que não receberam a aplicação, havendo ganhos na produtividade.

A aplicação de CO₂ via água de irrigação proporcionou aumentos de 27% na área foliar e do peso da matéria seca da parte aérea, aos 30 dias após o transplante na cultura da alface. O diâmetro da cabeça de alface, número de folhas e o rendimento de cabeças aumentaram em média 15,9%, 5,5% e 28,8%, respectivamente, em comparação aos dados obtidos no tratamento sem aplicação de CO₂ (FURLAN et al., 2001).

Na cultura do pepino irrigada com água enriquecida com CO₂, a razão de área foliar diminuiu ligeiramente nos dois híbridos com o desenvolvimento do cultivo. Na fase inicial observaram-se diferenças entre irrigação com água comum e enriquecida com CO₂, porém 20 dias após o transplante não se verificou mais essa diferença. Quanto à troca gasosa, a taxa assimilatória líquida de CO₂ e de transpiração, condutância estomática e eficiência no uso da água foram semelhantes entre plantas irrigadas com água comum e enriquecida com CO₂ durante o primeiro semestre. Já no segundo semestre foram registrados maiores valores pelas plantas irrigadas com água enriquecida (CAÑIZARES et al., 2004).

D'Albuquerque Junior. et al. (2007) estudaram o efeito da aplicação de CO₂ na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido. Observou que a aplicação de CO₂ via água de irrigação nos estádios de frutificação e florescimento proporcionou aumento na produtividade de 17% e 18% em relação ao tratamento testemunha, sem CO₂. Os resultados mostram que a aplicação de CO₂ não alterou a qualidade dos frutos (Brix e pH), porém no tratamento que recebeu aplicação de CO₂ via água de irrigação no estágio de frutificação se observou uma menor acidez.

Pinto et al. (2001) avaliaram a aplicação de CO₂ via água de irrigação, diariamente, três vezes por semana e sem aplicação de CO₂ em três sistemas de condução (com proteção lateral, com “mulching” e solo descoberto) na cultura do meloeiro. As maiores produtividades de melão foram obtidas nos tratamentos com aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação. A aplicação de CO₂ através da irrigação não alterou a qualidade do fruto de melão e nem os teores de macro e micronutrientes. Frizzzone et al. (2005a), estudaram os efeitos da aplicação de quatro doses de CO₂ via irrigação e quatro doses de K₂O, na cultura do melão. Observaram que o número de frutos comerciais, produtividade total e comercial do melão

aumentou significativamente com o aumento das doses de CO_2 e K_2O , segundo uma relação quadrática. Também houve efeito significativo do CO_2 sobre a acidez total, o teor de sólido solúveis e o pH da polpa dos frutos.

Em experimento Frizzzone et al. (2005b) aplicando CO_2 via água de irrigação na cultura do melão, relataram aumento significativo na produtividade de frutos com aplicação de CO_2 via água de irrigação. Cardoso (2002) relatou efeito do CO_2 aplicado na água de irrigação na cultura do melão rendilhado em ambiente protegido. O CO_2 proporcionou maior absorção e redistribuição de nutrientes na planta, aumento no número de frutos comerciais, na produtividade e na qualidade dos frutos.

A aplicação de CO_2 na água de irrigação proporcionou aumento na produção total de frutos, na produção comercial e no número de frutos comerciais de melão rendilhado (KANO et al., 2002).

Em experimento Furlan et al. (2002) avaliaram o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e do enriquecimento da atmosfera com CO_2 na cultura do pimentão, em ambiente protegido. Com aplicação de CO_2 houve efeito da aplicação das lâminas de irrigação de 100 e 120% da evaporação do tanque Classe A reduzido, enquanto que sem aplicação de CO_2 , não houve efeito. Foram encontradas diferenças significativas com aplicação para comprimento, espessura de polpa, número de frutos por planta e rendimento, da ordem de 7,0%; 4,5%; 35,0% e 38,4%, respectivamente, superiores para lâminas de irrigação de 100% da evaporação do tanque reduzido comparado com os dados obtidos para as menores lâminas de aplicação de água. A aplicação de CO_2 no ambiente protegido possibilitou obtenção de maiores comprimento, diâmetro e número de frutos por planta, além da massa e rendimento, na ordem de 12,4%; 11,9%; 21,4%; 20,0%; e 51,3%, respectivamente, em relação ao ambiente protegido, sem aplicação de CO_2 .

Araújo (2002), estudou o efeito da aplicação de quatro doses de CO_2 dissolvido na água de irrigação, com e sem cobertura plástica sobre o solo na cultura da abobrinha. Em temperaturas mais baixas e com cobertura plástica sobre solo, ocorreu uma redução da área foliar, da massa seca da parte aérea e das raízes, com maior número de frutos e maior rendimento, com a dose $58,4 \text{ kg CO}_2 \text{ ha}^{-1}$. Em temperatura do ar mais elevada, sem a cobertura plástica, o maior rendimento foi obtido na dose de 100 kg ha^{-1} de CO_2 . Plantas cultivadas sob irrigação com água carbonatada extraíram mais nutrientes do solo.

Paula (2008) avaliou os efeitos de diferentes doses de CO₂, aplicadas via água de irrigação por gotejamento na produção da pimenta Tabasco. A aplicação de 207 Kg de CO₂ ha⁻¹ antes da poda proporcionou aumento de 21% na produção de frutos da pimenta Tabasco. A aplicação de 452 kg de CO₂ ha⁻¹, durante os dois ciclos de cultivo, proporcionou aumento de 16%, em relação ao tratamento sem CO₂. Durante os dois ciclos o número de frutos aumentou em função da dose de CO₂ aplicada via água de irrigação, até a dose 409 kg de CO₂ ha⁻¹, decrescendo a partir dessa dose.

Em experimento, Lima et al. (2003), avaliaram a resposta estomática ao aumento da concentração do CO₂ atmosférico e ao estresse hídrico de espécies de *Eucalyptus*. O efeito do estresse hídrico reduziu no fechamento dos estômatos foi similar em ambas à concentração de CO₂, embora os efeitos positivos do aumento da concentração do CO₂ sobre a fotossíntese e a eficiência do uso da água de mantiveram por um período comparativamente mais longo.

Aplicando CO₂ via irrigação na cultura da batata com diferentes doses, Robles (2003) obteve aumento nos teores de açúcar na cv. Jatte-Bintje e de amido na cv. Atlantic, não percebendo decréscimo temporário do pH durante a aplicação.

Fonseca (2001) avaliou a aplicação de CO₂ na água de irrigação na produção de mudas de tomateiro, beterraba e repolho. Somente as mudas de tomateiro mostraram resultados favoráveis com a aplicação de CO₂.

Caliman et al. (2009) trabalhando com enriquecimento intermitente de CO₂, observaram alterações apenas na alocação de massa seca de caule na cultivar Alambra, não havendo efeito na partição de massa seca de folha, de fruto e total dos híbridos estudados.

Cramer et al. (2001) estudaram o efeito da elevação da concentração de carbono inorgânico, dissolvido via água de irrigação, na rizosfera de plantas de tomateiro, no rendimento e qualidade do tomate. Com a concentração de 5000 mmol mol⁻¹ de CO₂ conseguiram aumento de 7% em média do peso de frutos comerciais, mas não houve efeito significativo no rendimento e qualidade com relação ao controle.

Carneiro Junior (2004) observou que o aumento da concentração de CO₂ na água proporcionou aumento na produção total, produção comercial e número de frutos comerciais de tomate, sendo a melhor dose calculada foi de 7,30 L min⁻¹. Os teores nutricionais dos híbridos testados foram alterados devido aplicação de água

carbonatada, principalmente a absorção do íon potássio. Estas alterações devem-se, provavelmente, às alterações no pH do solo, entre outros fatores.

Estudando o efeito da aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação no tomateiro (híbrido Débora Plus), sob cultivo protegido, Cararo e Duarte (2002), concluíram que este tratamento proporcionou aumentos de 8,2%; 13%; e 8,5%; respectivamente na produtividade, peso de fruto de tamanho pequeno e conteúdo de matéria seca de frutos. Entretanto não foram verificados efeitos significativos sobre o número de frutos e o peso de frutos de tamanho médio.

O enriquecimento do ambiente com CO₂ proporcionou aumento de massa nos frutos de tomate, evidenciando que o aumento nas taxas fotossintéticas, devido ao CO₂, possibilitou maior acúmulo de carboidratos nos frutos (D'ADRIA et al., 1990).

A aplicação de dióxido de carbono via irrigação, no Brasil é de uso recente, sendo necessário esclarecer aspectos importantes da aplicação de CO₂ na produtividade. Foram realizados trabalhos com as culturas da alface, da abobrinha, do pimentão, do tomate, da batata, do pepino, do melão e da pimenta com enriquecimento de CO₂ via água de irrigação (FURLAN et al., 2001; PINTO et al. 2001; FÔNSECA, 2001; ARAÚJO, 2002; CARDOSO, 2002; CARARO; DUARTE, 2002; KANO et al., 2002; REZENDE et al., 2003; ROBLES, 2003; CARNEIRO JUNIOR, 2004; CAÑIZARES et al., 2004; MODOLO et al., 2005; FRIZZONE, et al. 2005; GOMES et al., 2005; FRIZZONE et al., 2005a; D'ALBUQUERQUE JUNIOR. et al., 2007; BRANCO et al., 2007; TAMAGI et al., 2007; PAULA, 2008; CALIMAN et al., 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em épocas diferentes: O primeiro primavera/verão do ano 2008/2009 e o segundo inverno/primavera de 2009.

3.1 Local de condução dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos em épocas diferentes, ambos em cultivo protegido no município de Marechal Cândido Rondon, na Estação Experimental de Horticultura e Controle Biológico, Professor “Mário Cesar Lopes”, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná. O município de Marechal Cândido Rondon está localizado em altitude média de 420 m e as coordenadas cartográficas são de 24°33'31”S e 54°02'43”W Gr. O clima da região é do tipo subtropical úmido, mesotérmico, enquadrando-se conforme a classificação de Köppen Cfa, com verões quentes, geadas pouco freqüentes, tendências a concentrações de chuvas nos meses de verão e sem estação seca definida.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental inteiramente casualizados, com três repetições, em esquema fatorial 4x4. O primeiro fator foi composto pelas doses de CO₂ (0, 4, 7 e 10 L min⁻¹), e o segundo por quatro híbridos de tomate (Alambra, Sheila, Lumi e Jennifer) com três repetições.

No primeiro experimento (cultivado solo cultivo protegido), cada parcela foi constituída de 8 plantas (3,2 m²) e para avaliação foram desconsideradas uma planta em cada extremidade da parcela.

No segundo experimento, cada parcela foi constituída de 5 vasos (18 L), e para avaliação foram desconsideradas uma planta em cada extremidade da parcela.

3.3 Genótipos utilizados

Foram utilizados quatro híbridos Alambra (Clause Vegetable Seeds), Jeniffer, Lumi e Sheila (Sakata Seed Sudamericana Ltda). Todos os híbridos produzem frutos do grupo redondo, ou seja, quando o diâmetro longitudinal é maior que o transversal.

A híbrido Alambra é precoce com alto potencial de produção, possui plantas vigorosas e ciclo indeterminado. Os frutos são uniformes, longa vida, com excelente sabor e coloração. Cada racemo produz de 6 a 7 frutos não exigindo o raleio. Resistente a murcha de verticílio raça 1 (*Verticillium dahliae*), murcha de fusário raças 1 e 2 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*) e vírus do mosaico do tomateiro – estirpe 1 (ToMV) (CLAUSE VEGETABLE SEEDS, s.d.).

A híbrido Sheila é um híbrido F1, do tipo salada de ciclo indeterminado vida longa. As plantas são uniformes com internódios curtos. Os frutos pesam em média 200-240g, com excelente qualidade e pequena cicatriz peduncular. Resistente a murcha de verticílio raça 1 (*Verticillium dahliae*), murcha de fusário raças 1 e 2 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*) e vírus do mosaico do tomateiro – estirpe 1 (ToMV) (SAKATA SEED SUDAMERICA LTDA, s.d.).

A híbrido Jennifer é do tipo salada de ciclo indeterminado com alta produtividade. Frutos são do tipo longa vida de excelente qualidade pesando de 200-250g. Alto nível de resistência a murcha de verticílio raça 1 (*Verticillium dahliae*), murcha de fusário raças 1 e 2 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*), vírus do mosaico do tomateiro – estirpe 1 (ToMV), *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incógnita* raças 1,2,3 e 4 (SAKATA SEED SUDAMERICA LTDA, s.d.).

O híbrido Lumi é um híbrido do segmento salada com crescimento indeterminado, possui excelente coloração de frutos e precocidade de produção em torno 7 dias. Frutos com peso entre 180 e 200 g. Possui alto nível de resistência a *Verticillium dahliae* raça 1 (Vd1), *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* raça 1 e 2 (Fol1 e Fol2), *Tomato mosaic vírus* (ToMV) estirpe Tm1, *Meloidogyne incognita* raças 1,2,3 e 4 e *Meloidogyne javanica* (SAKATA SEED SUDAMERICA LTDA, s.d.).

3.4 Aplicação de dióxido de carbono

A aplicação de CO₂ foi realizada por meio da água de irrigação, utilizando um sistema composto por cilindro de CO₂ líquido sob alta pressão, válvula reguladora com manômetro e fluxômetro específico para aplicação de gás em água. A quantidade de CO₂ aplicada foi ministrada pelos fluxômetro, nas dosagens de 4, 7 e 10 L min⁻¹, sendo as aplicações realizadas duas vezes por dia durante 15 min, às 10 e 15 h.

No primeiro experimento a aplicação do gás iniciou-se aos 17 DAT até o término da colheita, que ocorreu aos 123 DAT. No segundo experimento a aplicação se iniciou aos 15 DAT até 132 DAT.

3.5 Produção das mudas

As datas da semeadura foram: 01/09/2008 para o primeiro experimento e 06/06/2009 para o segundo experimento. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células e utilizando substrato comercial. A irrigação foi realizada de forma manual com regador. Realizou-se adubação das mudas realizadas em três vezes 15, 20 e 25 dias após a semeadura, no primeiro experimento. No segundo experimento realizou-se a adubação das mudas aos 20, 25 e 30 DAS. Adubou-se com fertilizante Ouro Verde (15-30-15: N, P e K) na dosagem 3g L⁻¹.

3.6 Transplante das mudas

No primeiro experimento, as mudas foram transplantadas trinta e dois dias após a semeadura (DAS), quando estas estavam com quatro folhas definitivas. Realizou-se o transplante em covas com dimensões 0,1 x 0,1 m, diretamente no solo.

Cada parcela contou com oito plantas espaçadas 1 m entre linhas e 0,4 m entre plantas.

No segundo experimento as mudas foram transplantadas quarenta dias após a semeadura (DAS), quando as mudas estavam com quatro folhas definitivas. O transplante em covas com dimensões 0,1 x 0,1 m, no centro dos vasos. Este experimento foi conduzido em vaso de polietileno com volume aproximado de dezoito litros, devido a problemas fitossanitários ocorridos no ambiente protegido. Cada parcela contou com cinco vasos, ou seja, uma planta por vaso, espaçadas 1 m entre linhas e 0,4 m entre plantas.

3.7 Solo e adubação

3.7.1 Primeiro experimento

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, de textura argilosa, profundo, boa capacidade de retenção de água. A correção do solo, adubação de plantio e a adubação de cobertura foi realizada com base na análise do solo (Tabela 1), seguindo a recomendação Gomes et al. (1999).

Tabela 1. Resultado da análise de solo do primeiro experimento. Unioeste. Marechal Cândido Rondon–PR, 2008-2009

Amostra	Análise química*										
	Macronutrientes										
	P _{melich} mg dm ⁻³	MO mgdm ⁻³	pH _{CaCl2} ⁻¹ 0,01 mol L	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	V %
0-20 cm	180	27	6	7,3	2,1	1,2	0	3,2	10,5	13,7	77
20-40 cm	46	16	5,7	4,8	1,2	0,8	0	3,4	6,9	10,3	67
Amostra	Micronutrientes										
	mg dm ⁻³										
	Fe			Mn			Cu		Zn		
0-20 cm	27,7			52,0			8,2		13,6		
20-40 cm	31,5			26,4			2,9		2,9		

*Análise realizada pelo Laboratório de Química Ambiental e Instrumental, Centro de Ciências Agrárias, Campus de Marechal Cândido Rondon-PR.

Não houve necessidade de calagem, pois a saturação ficou próxima de 80%, que é indicado para a cultura. Para adubação de base foram necessários 300 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 80 kg de K_2O ha^{-1} , que foram incorporados ao solo. As fontes utilizadas foram o superfosfato simples e cloreto de potássio.

3.7.2 Segundo experimento

Este experimento foi conduzido em vaso, devido a ocorrência de murcha bacteriana, que levou a morte algumas plantas. Para preenchimento dos vasos foi utilizado “solo de barranco” do perfil de um solo tipo Latossolo Vermelho Eutroférico. A correção do solo, adubação de plantio e a adubação de cobertura foi realizada com base na análise do solo (Tabela 2), seguindo a recomendação Gomes et al. (1999).

Tabela 2. Resultado da análise de solo do segundo experimento. Unioeste. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Análise química*										
Macronutrientes										
P melisch mg dm ⁻³	MO mg dm ⁻³	pH CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	V %
1,8	19	5,0	3,7	1,2	0,8	0,1	3,7	5,8	9,5	61
Micronutrientes										
Fe			Mn		Cu		Zn			
2,9			81,0		1,6		1,2			

*Análise realizada pelo Laboratório de Química Ambiental e Instrumental, Centro de Ciências Agrárias, Campus de Marechal Cândido Rondon-Pr.

Para a calagem foram utilizadas 2 t ha^{-1} de calcário dolomítico. Para adubação de base foram necessários 900 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 80 kg de K_2O ha^{-1} , que foram incorporados ao solo junto com o calcário. As fontes utilizadas foram o superfosfato simples e cloreto de potássio.

Após a correção e adubação do solo, estes foram misturados com substrato comercial Plantimax® numa proporção de 3:1 (três partes de solo e uma de substrato). Vasos plásticos de 18 L foram preenchidos com solo + substrato e levados para casa de vegetação.

A superfície da casa de vegetação foi coberta com lona plástica preta e os vasos foram distribuídos em linhas de cultivo, sendo que a distância entre o centro de um vaso para outro foi de 40 cm (Figura 2).

3.8 Estrutura do ambiente de cultivo

Os experimentos foram instalados em ambiente protegido com estrutura tipo arco com 30 m de comprimento e 7 m de largura, pé direito de 3,5 m de altura, coberta com agrofílm de 150 μ m de espessura e as fachadas laterais com tela de sombreamento de 40%.

A casa de vegetação foi dividida em quatro partes com plástico até mais ou menos 1,5 metros de altura, desta forma, o ambiente protegido ficou dividido em quatro partes iguais de 3,5 x 15m.

3.9 Clima

As temperaturas e umidades relativas do ar, máximas, médias e mínimas, foram obtidas pelo sistema de aquisição automática. Os dados foram coletados e armazenados de hora em hora, por Datta logger digital marca Akso, colocado no interior da casa de vegetação a 1,2 m de altura.

3.10 Sistema de irrigação

A irrigação da cultura, no primeiro experimento, foi localizada, com gotejadores a cada 0,4 m. No segundo experimento, foi feita vaso a vaso por gotejadores. Nos dois experimentos, a irrigação foi feita duas vezes por dia, sendo que a primeira às 10 horas, e a segunda às 15 horas. O tempo de cada irrigação foi

de 30 minutos por dia, aumentando de acordo com os estádios fenológicos. A vazão foi de 2 L h planta⁻¹, aproximadamente.

3.11 Adubação de cobertura e condução do experimento

A adubação de cobertura foi feita semanalmente, nos dois experimentos, iniciando-se aos 15 dias após o transplante (DAT). As quantidades de adubação foram calculadas com base no desenvolvimento do tomateiro (GOMES et al., 1999), dividida em três fases. A primeira fase, 1^a a 5^a semana, a segunda fase da 6^a a 11^a semana e por último, a terceira fase da 12^a a 17^a semana. Para determinar a quantidade de adubo a ser aplicada em cada fertirrigação, foi dividida o total de adubo indicada em cada fase, pelo número de semanas para referida fase. O principal fertilizante utilizado foi o complexo cristalino solúvel para uso na horticultura, sua fórmula contém: 15% de N, 15% de P₂O₅; 30% de K₂O, 3% MgO, 0,025 de B, 0,01% de Cu, 0,07% de Fe, 0,04 de Mo, 0,04% de Mn e 0,025% de Zn. Para complementar a adubação foram utilizados as seguintes fontes: uréia, cloreto de potássio e MAP.

A desbrota foi realizada pelo menos duas vezes por semana, durante todo o ciclo da cultura, quando os brotos estavam pequenos (3 a 5 cm de comprimento). A operação consistiu na retirada de toda a brotação lateral da planta. A poda apical foi realizada acima das três folhas localizadas após o sétimo racemo, no primeiro experimento e após o sexto racemo, no segundo experimento.

Nos dois experimentos, o tomateiro foi conduzido em haste única, sendo tutorados por fitilho plástico e sendo sustentado por fios de arame. Para o tutoramento, foram instalados postes de concreto de 2,2 m (dois em cada linha). Passou-se um arame, na horizontal, sobre as fileiras de plantas, a uma altura de 2 m que foi fixado aos dois mourões fincados nas cabeceiras das linhas de plantio. Para sustentação o arame, permitindo que o mesmo permanecesse esticado, foi colocado estacas de bambu, a cada 4 m.

3.12 Tratamento fitossanitários

Foram realizadas pulverizações para mosca branca (*Bemisia argentifolii*) e ácaro (*Aculops lycopersici*) com inseticidas e acaricidas registrados para a cultura do tomate, nos dois experimentos, sendo que no primeiro a ocorrência de pragas foi mais severa. Para controle da pinta preta (*Alternaria solani*) realizaram-se várias pulverizações preventivas e curativas, com fungicidas registrados para a cultura do tomate, principalmente no segundo experimento.

3.13 Colheita

No primeiro experimento, os frutos foram colhidos quando atingiram a coloração rosada (30 a 60% do fruto atingir a coloração vermelha) de acordo com a Portaria SARC n. 085 de 06 março de 2002. As colheitas foram realizadas em seis plantas selecionadas de cada tratamento, e separando os frutos por cacho. A primeira colheita ocorreu no dia 04 de dezembro de 2008, e as seguintes em 07/12/2008, 09/12/2008, 12/12/2008, 15/12/2008, 17/12/2008, 19/12/2008, 22/12/2008, 24/12/2008, 27/12/2008, 29/12/2008, 31/12/2009, 02/01/2009, 06/01/2009, 09/01/2009, 13/01/2009, 16/01/2009, 19/01/2009, 21/01/2009, 23/01/2009, 26/01/2009, 28/01/2009, 30/01/2009 e 03/02/2009, totalizando 24 colheitas. O período de colheita foi de 61 dias.

No segundo experimento, os frutos foram colhidos quando atingiram a coloração vermelha (quando o fruto apresenta entre 60% e 90% da superfície vermelha), de acordo com a Portaria SARC n. 085 de 06 março de 2002. As colheitas foram realizadas em quatro plantas selecionadas de cada tratamento, e separando os frutos por cacho. A primeira colheita ocorreu no dia 9 de outubro de 2009, e as seguintes em 09/10/2009, 13/10/2009, 15/10/2009, 19/10/2009, 23/10/2009, 26/10/2009, 29/10/2009, 03/11/2009, 06/11/2009, 10/11/2009, 13/11/2009, 17/11/2009, 20/11/2009 e 25/11/2009, totalizando 14 colheitas durante o ciclo de condução do experimento. O período de colheita foi de 48 dias.

Os frutos colhidos de cada repetição foram identificados e recolhidos para o laboratório. Após a colheita os frutos foram contados e determinado a massa fresca. Amostra de frutos de cada repetição foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer, a aproximadamente -18°C.

3.14 Avaliações dos frutos

As avaliações foram realizadas com base nos frutos colhidos em cada repetição. Foram avaliadas as seguintes características:

3.14.1 Componentes de produção

Para avaliação dos componentes de produção, foram utilizados os frutos de colhidos de cada repetição, avaliando as seguintes características:

- a) **Número total de frutos por planta (NTF):** obtido pela contagem dos frutos de cada parcela dividindo-se pela quantidade de plantas, com resultado expresso por plantas;
- b) **Número de frutos comercial por planta (NFC):** obtido pela contagem dos frutos comercial (diâmetro maior que 50 mm e sem sintomas de doenças, pragas, distúrbios fisiológicos e/ou danos físicos) de cada parcela dividindo-se pela quantidade de plantas, com resultado expresso por planta;
- c) **Número de frutos não comercial por planta(NFR):** obtida pela contagem dos frutos não comercial (diâmetro menor que 50 mm e com sintomas de doenças, pragas, distúrbios fisiológicos e/ou danos físicos) de cada parcela dividindo-se pela quantidade de plantas, com resultado expresso por planta;
- d) **Produtividade de frutos total por ha (PTF):** obtida pela massa total dos frutos de cada parcela, com resultado expresso em toneladas por ha;
- e) **Produtividade comercial de frutos por ha (PCF):** obtida pela massa total de frutos com diâmetro transversal maior que 50 mm e sem defeitos (sintomas

de doenças, pragas, distúrbios fisiológicos e/ou danos físicos) com resultado expresso em toneladas por ha;

- f) **Produtividade não comercial de frutos por ha (PNF):** obtida pela massa total de frutos com diâmetro transversal menor que 50 mm e com defeitos com resultado expresso em toneladas por ha;
- g) **Produção total de frutos por planta (PTFP):** obtida pela massa total dos frutos de cada parcela, dividido pelo número de plantas, com resultado expresso em kg por planta;
- h) **Produção comercial de frutos por planta (PCFP):** obtida pela massa total de frutos de cada parcela, com diâmetro transversal maior que 50 mm e sem defeitos (sintomas de doenças, pragas, distúrbios fisiológicos e/ou danos físicos) com resultado expresso em kg por planta;
- i) **Produção não comercial de frutos por planta (PNFP):** obtida pela massa total de frutos de cada parcela, com diâmetro transversal menor que 50 mm e com defeitos com resultado expresso em kg por planta;
- j) **Massa média de fruto comercial (MM):** relação entre a produção comercial de frutos e o número de frutos comerciais, em termos médios, com resultado expresso em gramas por fruto;
- k) **Massa média de fruto não comercial (MR):** relação entre a produção de frutos não-comercializáveis e o número de frutos não-comercializáveis, em termos médios, com resultado expresso em gramas por fruto;
- l) **Diâmetro transversal (DT):** avaliação realizada com o uso de paquímetro digital, os números foram expressos em milímetros (mm).

3.14.2 Componentes da qualidade do fruto

As análises das características qualitativas foram realizadas no Laboratório de Tecnologia Processamento de Alimentos (TPA) da Unioeste, Marechal Cândido Rondon, PR.

Para avaliação foram colhidos 14 frutos por parcela, sendo 2 frutos de cada cacho. Os frutos foram identificados e armazenados em freezer (-18°C) e avaliados

após o fim do experimento. As amostras foram descongeladas, e os frutos homogeneizados e suco coletado para determinação:

- a) **Acidez total (AT):** mede a quantidade de ácidos orgânicos. Esse parâmetro é avaliado por meio de titulação com NaOH (0,1 N), sendo os resultados expressos em concentração de ácido cítrico; segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz, 2008;
- b) **pH:** aferido pela leitura direta em peagâmetro digital marca Tecnical;
- c) **Teor de sólidos solúveis (SS):** determinada pela leitura direta em refratômetro digital. A polpa dos frutos foram descongeladas e trituradas, e o suco coletado para análise, os resultados foram expressos em °Brix.;
- d) **SS/AT = sabor:** relação obtida entre teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

Os valores dos componentes da produção bem como das características qualitativas dos frutos foram submetidas a análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Obtiveram as percentagens dos coeficientes de variação (CV) para todas as características.

3.15 Análise de dados

Depois de tabulados, os dados foram submetidos à análise de variância, as médias dos híbridos comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e as médias das doses foram comparadas por contrastes a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000). O número de frutos comerciais, número de frutos não comerciais, número de frutos totais, número de frutos com podridão apical, massa de fruto com podridão apical, produção não comercial de fruto por planta e produtividade comercial por ha, tiveram os valores transformados utilizando-se a equação $(x+1)^{1/2}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura e umidade relativa do ar

Na figura 3 e 4 são apresentadas as leituras de temperatura mínima, média e máxima no interior do ambiente protegido durante o período de condução dos dois experimentos. No primeiro experimento, os valores médios das temperaturas mínima, média e máxima do período de cultivo do tomateiro foram 19,30°C, 25,90°C e 35,17°C respectivamente (Figura 3). No segundo experimento os valores médios das temperaturas mínima, média e máxima do período de cultivo foram 15,70°C, 21,70°C e 30,70°C respectivamente (Figura 4). Verifica-se que a temperatura do ar no interior do ambiente protegido, durante a condução do segundo experimento foi mais adequada para o desenvolvimento da cultura do tomate. Giordano e Silva (2000) relataram que a temperatura média no período de cultivo para a cultura do tomateiro deve ser de 21°C, mas pode tolerar uma amplitude de 10°C a 34°C. Segundo Filgueira (2003), no Brasil, sob alta luminosidade, as temperatura ótimas são de 21-28°C, durante o dia, e 15-20°C, durante a noite.

Segundo Cuartero et al. (1995) a temperatura tem influência em todos os processos de crescimento e desenvolvimento do tomateiro, apresentando necessidades que variam conforme cada fase do ciclo, assim como tem grande influência na translocação dos fotoassimilados. Em condições de temperatura abaixo de 10°C por longo período ocorre redução na taxa de crescimento, amarelecimento das folhas e endurecimento das hastes que se tornam quebradiças. Nessas condições a polinização é deficiente, ocorre abortamento de flores e queda dos frutos e paralisação da absorção de água e nutrientes (ALVARENGA, 2004). O mesmo autor ainda relata que temperaturas muito elevadas, acima de 35°C, provocam abortamento de flores, redução na taxa fotossintética, redução da fixação de frutos e distúrbios fisiológicos como rachaduras, maturação irregular, lóculo aberto e podridão apical dos frutos.

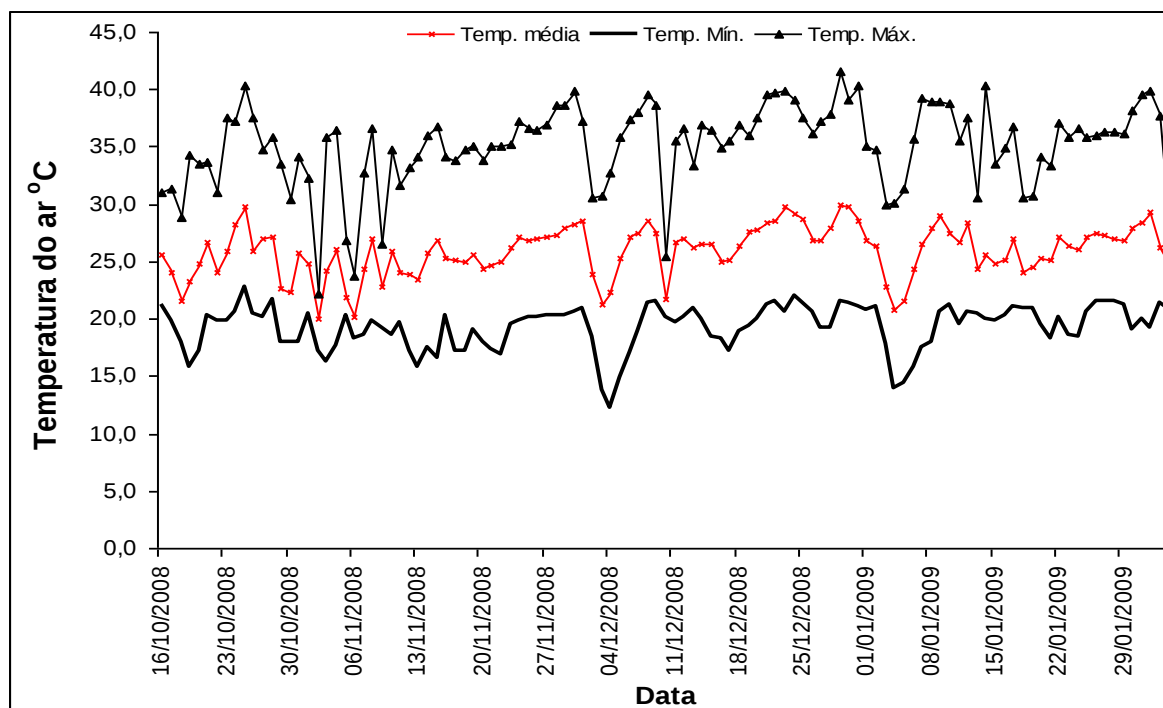


Figura 1. Temperaturas médias, mínimas e máximas do ar (°C) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008/2009.

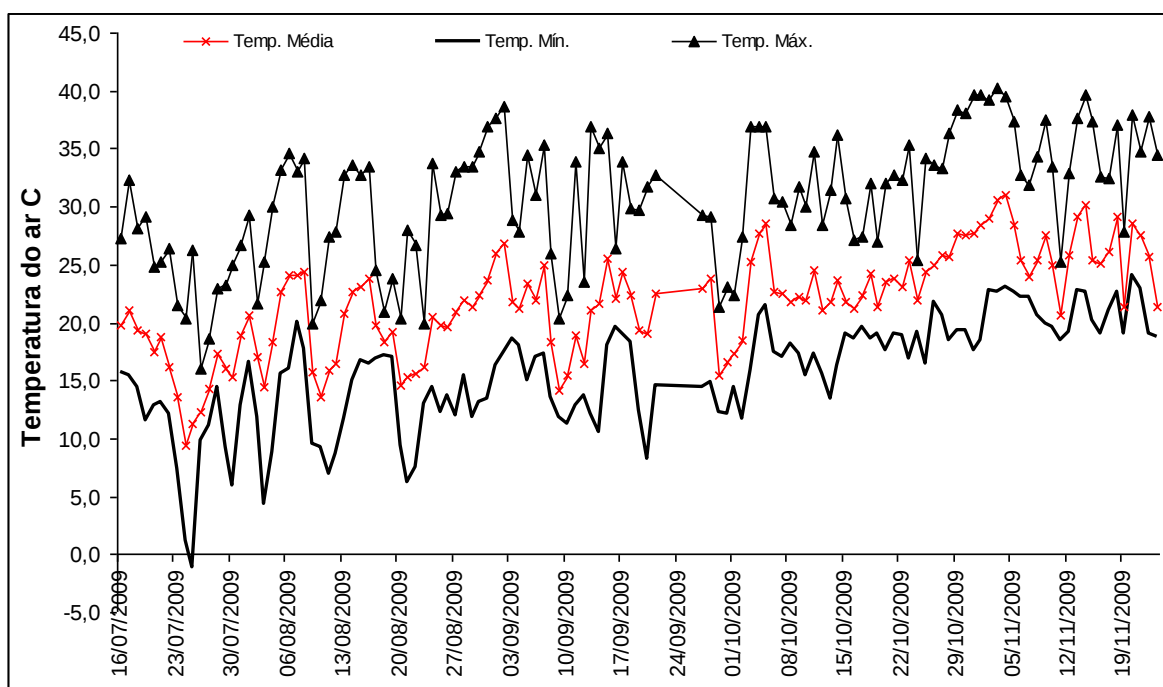


Figura 2. Temperaturas médias, mínimas e máximas do ar (°C) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009.

No primeiro experimento, em 71% dos dias, foram registradas temperaturas máximas que ultrapassaram o valor de 35°C (Figura 3). A temperatura mínima do ar

não foi menor que 10°C em nenhum dia deste experimento, sendo a mínima registrada de 12,2°C. Para o segundo experimento, em somente 22% dos dias, as temperaturas máximas ultrapassaram o valor de 35°C (Figura 3), já 12,7% dos dias a temperatura mínima do ar foi inferior a 10,0°C, sendo a mínima registrada de -1,1°C. Não foram observados danos causados por baixa temperatura.

As temperaturas observadas no primeiro experimento foram superiores as do segundo. Segundo Giordano e Silva (2000), temperaturas superiores a 26°C causam redução do ciclo da cultura do tomateiro. Observou-se redução de 15 dias no ciclo da cultura, entre o segundo (171 dias) e o primeiro experimento (156 dias).

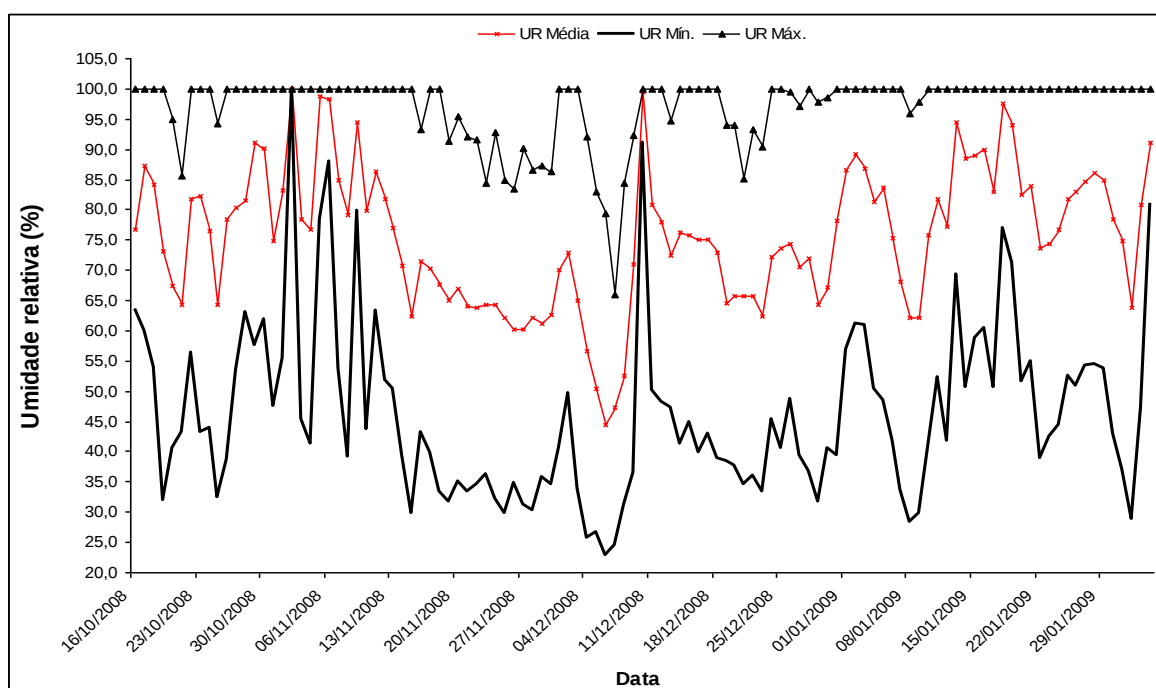


Figura 3. Umidade relativa do ar máxima, mínima e média (UR%) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009.

Os valores médios da umidade relativa do ar mínima, média e máxima do período de cultivo do primeiro experimento foram de 46,0%, 75,4% e 96,0%, respectivamente (Figura 5). Para o segundo experimento a umidade relativa do ar mínima, média e máxima, foram de 54,1%, 82,3% e 98,6%, respectivamente (Figura 6).

Nas figuras 5 e 6 são apresentadas as variações da umidade relativa (UR) do ar (mínima, média e máxima), registrada no ambiente interno do cultivo protegido. Observa-se que UR máxima, no segundo experimento (98,6%) foi superior ao

primeiro experimento (96%). Com relação aos valores mínimos e médios observou-se uma mesma tendência, ou seja, o valor da umidade relativa do ar mínima e média no segundo experimento foi sempre superior àqueles médios no primeiro experimento. Tais resultados eram esperados, uma vez que no segundo experimento foi realizado no inverno/primavera, enquanto o primeiro foi realizado na primavera/verão.

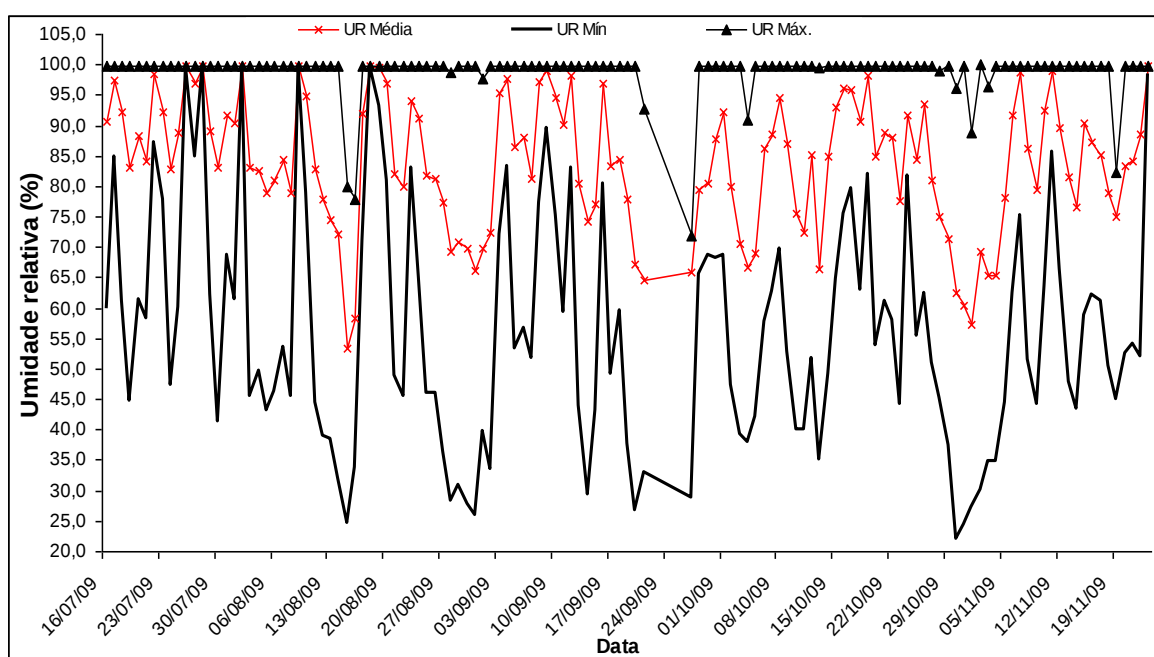


Figura 4. Umidade relativa do ar máxima, mínima e média (UR%) no interior do ambiente protegido, durante o período experimental. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009.

Em ambiente protegido, a umidade relativa do ar é um fator de grande influência no desenvolvimento vegetativo do tomateiro, onde a umidade relativa ótima está entre 50% e 60% (SGANZERLA, 1997). Com alta umidade relativa ocorre a formação de orvalho e as folhas se mantêm úmidas por longo período do dia, principalmente aquelas localizadas na parte inferior das plantas. Isso favorece o desenvolvimento de doenças, principalmente causadas por fungos e bactérias (GIORDANO; SILVA, 2000). No terço final do segundo experimento foi observado maior incidência de Pinta Preta (*Alternaria solani*) que é constatada em condições de alta umidade e temperatura entre 25 e 30°C (KIMATI et al., 2004). As condições ambientais favoreceram o desenvolvimento de Pinta Preta, este fato pode ser verificado pela tabela de controle de doenças (Tabela 3 e 4).

4.4 Primeiro experimento

4.4.1 Características produtivas e qualitativas dos frutos

Os resumos da análise da variância são apresentados nas tabelas 5, 6 e 7. De acordo com o teste F da análise de variância houve interação entre as híbridos e doses de CO₂ para produção comercial de frutos por planta, produção total de fruto por planta, produtividade comercial de frutos por ha, produtividade total de fruto por ha e diâmetro transversal de fruto.

Analisando os híbridos, verifica-se que houve diferenças significativas para produção comercial de frutos por planta, produção não comercial de frutos por planta, produtividade comercial de frutos por ha, produtividade não comercial de fruto por ha, número de fruto comercial por planta, número de fruto não comercial por planta, número de fruto total por planta, massa média de fruto comercial, massa média de fruto não comercial, diâmetro transversal dos frutos, potencial hidrogeniônico, razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez total titulável, massa fruto com podridão apical e número de fruto com podridão apical (Tabela 3, 4 e 5).

Tabela 3. Quadrados médios resultantes da análise de variância para produtividade comercial de fruto por ha (PCF), produtividade não comercial de fruto por ha (PNF), produtividade total de fruto por ha (PTF), produção comercial de fruto por planta (PCFP), produção não comercial de fruto por planta (PNFP) e produção total de fruto por planta (PTFP). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Fonte variação	GL	Quadrados médios					
		PCF	PNF	PTF	PCFP	PNFP	PTFP
Híbridos (H)	3	1272,3**	8,400**	377,7 ^{ns}	2,035**	0,144**	0,540 ^{ns}
Doses CO ₂ (D)	3	1296,7**	0,433 ^{ns}	1296,8**	2,075**	0,006 ^{ns}	2,075**
HxD	9	583,5**	0,450 ^{ns}	743,2*	0,933**	0,007 ^{ns}	1,189*
Resíduo	32	179,3	0,615	256,1	0,287	0,011	0,409
CV (%)		14,15	18,41	14,18	14,15	8,19	14,18

**Significativo pelo teste F ($p \leq 0,01$); *Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$); ^{ns}Não significativo pelo teste F.

Nas tabelas 3, 4 e 5, verifica-se que as doses de CO₂ aplicadas via água de irrigação resultaram em efeitos significativos para as variáveis produção comercial de frutos, produção total de frutos, produtividade comercial de frutos, produtividade

total de frutos, número de frutos comerciais, número de frutos totais e teor de sólidos solúveis.

Os coeficientes de variação (CV) para todos os parâmetros variaram de 0,90 a 25,24, indicando boa precisão do experimento para todos os caracteres avaliados (Tabela 3, 4 e 5). De maneira geral, o CV de cada variável avaliada foi baixo, exceto para número frutos com podridão apical.

Tabela 4. Quadrados médios resultantes da análise de variância para número de frutos comerciais por planta (NFC), número de fruto não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM), massa média de fruto não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Fonte variação	GL	Quadrados médios					
		NFC	NFR	NFT	MM	MR	DT
Híbridos (H)	3	1,973**	2,811**	1,189**	1351,2**	11,62**	37,38**
Doses CO ₂ (D)	3	0,841**	0,088 ^{ns}	0,591*	89,5 ^{ns}	1,77 ^{ns}	4,19 ^{ns}
HxD	9	0,242 ^{ns}	0,231 ^{ns}	0,320 ^{ns}	172,4 ^{ns}	1,61 ^{ns}	3,76*
Resíduo	32	0,124	0,178	0,159	94,0	1,09	1,61
CV (%)		6,56	13,92	6,52	7,17	11,33	1,93

**Significativo pelo teste F ($p \leq 0,01$); *Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$); ^{ns}Não significativo pelo teste F.

Tabela 5. Quadrados médios resultantes da análise de variância para potencial hidrigeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa fruto com podridão apical (MFPA), número de fruto com podridão apical (NFPA). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Fonte variação	GL	Quadrados médios					
		pH	SS	AT	SS/AT	MFPA	NFPA
Híbridos (H)	3	0,039**	0,074 ^{ns}	0,005 ^{ns}	4,877**	0,053**	2,976**
Doses CO ₂ (D)	3	0,001 ^{ns}	0,114*	0,002**	0,318 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,02 ^{ns}
HxD	9	0,001 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,735 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,428 ^{ns}
Resíduo	32	0,001	0,037	0,001	0,332	0,007	0,301
CV (%)		0,90	5,08	6,14	4,95	7,38	25,24

**Significativo pelo teste F ($p \leq 0,01$); *Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$); ^{ns}Não significativo pelo teste F.

Na Tabela 6, verifica-se que para o número de frutos comerciais não houve diferença entre a média da testemunha e a média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Também não houve diferença entre a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ e a média da aplicação de 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂. Porém, aplicação de 4 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior número de frutos comerciais por plantas que a aplicação de 7 L min⁻¹ de CO₂.

Estes resultados corroboram com Branco et al. (2007b), que trabalhando com enxertia e água de irrigação carbonatada no transporte de ^{15}N e na produção do tomateiro, observou que o número de frutos comerciais por planta não teve diferença significativa entre o tratamento com aplicação de dióxido de carbono dissolvido na água de irrigação, embora os valores tenham sido maiores no tratamento com aplicação do gás na água. Cararo e Duarte (2002) não observaram incremento no número de frutos para a aplicação do gás.

Tabela 6. Médias do número de fruto comercial por planta (NFC), número de frutos não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM) e massa média de fruto não comercial em função das doses CO_2 . UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Doses CO_2	Variáveis				
	NFC	NFR	NFT	MM - g -	MR - g -
D_1 ¹	29,62	7,73	37,35	138,83	90,22
$D_2 + D_3 + D_4$	27,71	8,79	36,50	134,01	84,73
$D_2 + D_3$	27,31	8,76	36,07	133,10	80,29
D_4	28,51	8,85	37,36	135,82	93,59
D_2	30,54	8,73	39,26	133,11	79,67
D_3	24,09	8,79	32,88	133,10	80,91
CV (%)	5,56	13,92	6,52	7,17	11,33
Contraste	Significância				
$3D_1 - D_2 - D_3 - D_4$	ns	ns	ns	ns	ns
$D_2 + D_3 - 2 D_4$	ns	ns	ns	ns	ns
$- D_2 + D_3$	**	ns	**	ns	ns

¹- D_1 = testemunha (Dose CO_2 0 Lmin^{-1}), D_2 = dose CO_2 4 Lmin^{-1} , D_3 = dose CO_2 7 Lmin^{-1} , D_4 = dose CO_2 10 Lmin^{-1} , *= Contraste significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,01$), **= Contraste significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,05$), ^{ns}= Contraste não significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,05$) .

Entre os híbridos, o maior número de frutos comerciais foi obtido pelo híbrido Alambra (34,15), sendo superior aos demais, diferindo estatisticamente dos híbridos Sheila (28,24) e Lumi (27,00), sendo este último não diferenciou do híbrido Jennifer (23,34) (Tabela 7).

Para o número de frutos não comerciais não houve resposta das doses para nenhum dos contrastes testados, conforme tabela 6. No entanto, houve resposta dos híbridos, o híbrido Sheila teve maior número de frutos não comercial, diferindo estatisticamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,01$) dos demais híbridos (Tabela 7). O híbrido Sheila produziu 48,90% a mais de frutos não comerciais em comparação com a média do número de frutos não comerciais.

Tabela 7. Médias do número de fruto comercial por planta (NFC), número de frutos não comercial (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM) e massa média de fruto não comercial em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Híbridos	NFC	NFR	NFT	MM - g -	MR - g -
Alambra	34,15 a*	6,18 b	40,33 a	126,33 b	72,75 b
Jennifer	23,34 c	9,05 b	32,39 c	150,17 a	113,89 a
Lumi	27,00 bc	6,17 b	34,42 bc	135,07 b	83,87 b
Sheila	28,24 b	12,69 a	39,71 ab	129,34 b	73,88 b
CV(%)	14,17	13,92	6,52	7,17	11,33
Média	28,18	8,52	36,71	135,21	86,10

*Médias seguidas da letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Ainda na Tabela 6, observa-se que houve diferença entre aplicação da dose 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂, sendo que a 7 L min⁻¹ proporcionou maior número de fruto total, porém, não houve diferença entre a média da testemunha e média parcelas que receberam a aplicação de CO₂ via água de irrigação. A aplicação de 4 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior número total de frutos (39,26), embora esses valores sejam semelhantes aos obtidos pela dose 0 L min⁻¹ (37,35) e pela dose 10 L min⁻¹ (37,36).

O híbrido Alambra foi teve maior número de fruto total, porém, não diferiu estatisticamente do híbrido Sheila (Tabela 7). O híbrido Jennifer apresentou menor número total de frutos e não diferiu do híbrido Lumi (Tabela 7).

Paula (2008) observou que o número de frutos de pimenta produzidos por planta durante dois ciclos de cultivo aumentou segundo uma relação quadrática com o aumento da dose de CO₂ aplicada via água de irrigação, decrescendo a partir da dose de 409 kg CO₂ ha⁻¹. Furlan et al. (2002) reportaram aumento de 20% no número de frutos de pimentão por planta, com a aplicação de CO₂ no ambiente protegido. Os resultados obtidos por estes autores não foram observados neste ensaio.

A massa média de fruto é um importante da produção e também um relevante parâmetro relacionado com a qualidade dos frutos por ser a melhor maneira de exprimir, indiretamente, o seu tamanho.

A massa média dos frutos comerciais sempre é maior do que a massa média dos frutos não comerciais, visto que estes frutos sofreram ataque de pragas ou doenças e também se desenvolveram menos por causa da competição entre os frutos por fotoassimilados, por que neste experimento não foi realizado o raleio dos frutos.

O uso de CO₂ não influenciou na massa média de fruto comercial e não comercial, como podemos verificar na tabela 6. Já para os híbridos, houve diferença pelo teste de médias, de acordo com tabela 7, o híbrido Jennifer superou demais híbridos.

Branco et al. (2004) também não observaram efeito do enriquecimento da água de irrigação com 5 L min⁻¹ CO₂ sobre a massa média fruto de tomate.

A adição de CO₂ via água de irrigação não influenciou no pH dos frutos do tomateiro, conforme podemos verificar na Tabela 8. No entanto, houve diferença significativa entre os híbridos para esta variável (Tabela 9). Os híbridos Jennifer e Lumi foram estatisticamente superior pelo teste Tukey ($p \leq 0,01$), aos híbridos Alambra e Sheila.

Neste experimento, os valores de pH dos frutos variaram de 4,19 a 4,31, estes valores de pH situam-se abaixo de 4,5, limite estabelecido para separar frutos ácidos de não-ácidos (GOULD, 1974) e próximos da faixa de 4,0 e 4,5 citada como normal para tomate (JONES, 1998). Carvalho et al. (2005) observaram valores semelhantes, 4,11 a 4,43, para os híbridos de tomate de crescimento indeterminado.

A percentagem de sólidos solúveis totais está relacionada, principalmente, ao sabor do fruto e é representada pelo Brix. Nos sólidos solúveis totais estão os principais componentes que dão o sabor ao fruto do tomateiro e que influenciam na escolha do consumidor e no rendimento industrial (GIORDANO et al., 2000). A maior parte das cultivares de tomateiro produz frutos que contêm Brix variando de 5,0 a 7,00.

Conforme a Tabela 8, o teor de sólidos solúveis foi maior em função da aplicação do CO₂, confirmado pela superioridade da média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Verificou-se ainda que não houve diferença entre as doses de CO₂. O enriquecimento da água de irrigação com CO₂ proporcionou maior teor de sólidos solúveis nos frutos do tomateiro. Porém, não houve resposta significância pelo teste Tukey 5% de probabilidade para teor de sólidos solúveis entre os híbridos (Tabela 9).

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com os obtidos por Ferreira et al. (2006), que obteve valores médios de 3,75 e 3,57°Brix para frutos de tomate. Carvalho et al. (2005) encontraram valores superiores para sólidos solúveis para híbridos do tipo salada, Andréia (5,05°Brix), Débora Max (4,49°Brix), Carmen (4,03°Brix) e Diana (3,93°Brix).

Tabela 8. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão do teor de sólidos solúveis e acidez total titulável em função das doses de CO₂. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Doses CO ₂	Variáveis			
	pH	SS -°Brix-	AT -%-	SS/AT
D ₁ ¹	4,24	3,69	0,31	11,86
D ₂ +D ₃ +D ₄	4,24	3,98	0,33	11,55
D ₂ +D ₃	4,24	4,05	0,33	11,56
D ₄	4,23	3,84	0,34	11,54
D ₂	4,23	3,89	0,34	11,50
D ₃	4,25	4,21	0,32	11,63
CV (%)	0,90	5,08	6,14	4,95
Contraste		Significância		
3D ₁ - D ₂ - D ₃ - D ₄		ns	*	ns
+D ₂ + D ₃ - 2 D ₄		ns	ns	ns
-D ₂ + D ₃		ns	ns	ns

¹- D₁= testemunha (Dose CO₂ 0 Lmin⁻¹), D₂= dose CO₂ 4 Lmin⁻¹, D₃= dose CO₂ 7 Lmin⁻¹, D₄= dose CO₂ 10 Lmin⁻¹, *= Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,01), **= Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05), ^{ns}= Contraste não significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05).

Assim como os sólidos solúveis, a acidez titulável foi superior em função da aplicação do CO₂, conforme Tabela 8, confirmado pela superioridade da média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação comparada com a testemunha, que não recebeu CO₂. No entanto, não houve diferença entre as doses aplicadas. Conclui-se que a aplicação de CO₂ influenciou no aumento da percentagem de acidez titulável, porém não houve diferença entre as doses testadas.

Tabela 9. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão do teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT) em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Híbridos	pH	SS -°Brix-	AT -%-	SS/AT
Alambra	4,20 b	3,73 a	0,325 b	11,55 b
Jennifer	4,31 a	3,72 a	0,302 c	12,34 a
Lumi	4,27 a	3,88 a	0,328 b	11,80 ab
Sheila	4,19 b	3,82 a	0,355 a	10,81 c
CV(%)	0,92	5,08	6,14	4,95
Média	4,25	3,79	0,327	11,362

*Médias seguidas da letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey (p ≤ 0,05).

Frizzone et al. (2005a) avaliaram a qualidade do meloeiro em ambiente protegido com aplicação de CO₂ e observaram efeito significativo do CO₂ sobre a acidez total.

Caliman et al. (s.d.) avaliaram o efeito dos ambientes e de genótipos sobre a acidez de frutos de tomateiro, obtiveram valores 0,31 em cultivo protegido e 0,35 no campo para acidez titulável (expressa % ácido cítrico). Já Mitchell et al. (1991) encontraram valores ainda menores para a percentagem de ácido cítrico chegando 0,25%.

Para acidez titulável (Tabela 9) não houve significância pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$) para os híbridos, os valores encontrados ficaram entre o intervalo de 0,302% a 0,355% de ácido cítrico.

Com relação à qualidade dos frutos, para Kader et al. (1978) e Mencarelli e Salveit Jr. (1988), os frutos de tomate podem ser considerados saborosos quando possuem relação entre os sólidos solúveis totais e acidez titulável superior a 10 e isso foi verificado para todos os tratamentos realizados, o que caracteriza todos os frutos produzidos como adequados para o consumo in natura. Os mesmos autores sugerem ainda que frutos de alta qualidade devem possuir valores superiores a 0,32 % e 3 % para acidez titulável e sólidos solúveis totais, respectivamente.

Para a razão de teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), não houve resposta das doses de CO₂ para esta variável (Tabela 8), mas houve resposta significativa dos híbridos. Foram observados valores de 10,81 a 12,34 para SS/AT, sendo que os híbridos Jennifer (12,34) e Lumi (11,80) foram superiores estatisticamente o híbrido Alambra (11,55), porém este não diferenciou do híbrido Lumi, e o híbrido Sheila (10,81) foi inferior aos demais híbridos (Tabela 9). Os resultados obtidos neste experimento corroboram com os valores encontrados por Carvalho et al. (2005). No entanto, os valores para SS/AT encontrados neste experimento foram baixos, segundo Gil et al. (2002), a relação SS/AT ótima para o consumo de tomate é de 14,5. Entretanto, frutos que apresentam a relação SS/AT menor que 10, não é considerado saboroso. Os valores encontrados neste experimento podem ser explicados pelo fato que os frutos não estavam totalmente maduros quando colhidos para fazer a análise dos mesmos.

Frizzzone et al. (2005b) estudaram os efeitos da aplicação de quatro doses de CO₂ via irrigação e quatro doses de K₂O, na cultura do melão. Observaram efeito significativo do CO₂ sobre a acidez total, o teor de sólido solúveis e o pH da polpa dos frutos.

De acordo com a Tabela 10, não houve resposta das doses de CO₂ aplicadas para massa de fruto com podridão apical e para número de frutos com

podridão apical. No entanto, os híbridos apresentaram reposta significativa para esta variável. Para o número de frutos com podridão apical o híbrido Sheila diferenciou-se dos híbridos Alambra, Jennifer e Sheila. O parâmetro massa de frutos com podridão apical, os híbridos Jennifer e Sheila foram superior aos demais, no entanto o híbrido Jennifer não diferenciou do híbrido Alambra. O híbrido Lumi foi o que produziu menor massa de fruto com podridão apical, mas não diferiu do híbrido Alambra (Tabela 11). O híbrido Sheila obteve maior massa de frutos com podridão apical resultante do maior número de frutos afetados pela podridão apical.

Na Tabela 10, verifica-se que não houve efeito das doses de CO₂ aplicadas sobre a produção não comercial de frutos por ha. Mas foi verificada diferença entre os híbridos para esta variável. Os híbridos Jennifer e Sheila foram estatisticamente ($p \leq 0,05$) superior aos híbridos Lumi e Alambra para a produção de frutos não comerciais, Tabela 11. A produção de frutos não comerciais pode ser atribuído, provavelmente a incidência de pragas e pelo não raleio dos frutos, isso pode ter gerado frutos com diâmetro menor que 50 mm, considerado não comercial.

Tabela 10. Média da massa fruto com podridão apical por planta (MFPA), número de fruto com podridão apical por planta (NFPA), produtividade não comercial de fruto por planta (PNP) e produção não comercial de fruto por ha (PNFP) em função das doses de CO₂. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Doses CO ₂	Variáveis			
	MFPA -g-	NFPA	PNP -kg-	PNFP -t ha-
D ₁ ¹	0,326	4,31	0,684	17,11
D ₂ +D ₃ +D ₄	0,340	4,16	0,742	18,56
D ₂ +D ₃	0,365	4,29	0,705	17,63
D ₄	0,291	3,89	0,817	20,41
D ₂	0,359	4,23	0,697	17,43
D ₃	0,370	4,36	0,713	17,83
CV (%)	7,38	25,24	8,19	14,15
Contraste	Significância			
3D ₁ - D ₂ - D ₃ - D ₄	ns	ns	ns	ns
D ₂ + D ₃ -2 D ₄	ns	ns	ns	ns
-D ₂ + D ₃	ns	ns	ns	ns

¹- D₁= testemunha (Dose CO₂ 0 Lmin⁻¹), D₂= dose CO₂ 4 Lmin⁻¹, D₃= dose CO₂ 7 Lmin⁻¹, D₄= dose CO₂ 10 Lmin⁻¹, *= Contraste significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,01$), **= Contraste significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,05$), ^{ns}= Contraste não significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,05$).

De acordo com a Tabela 11 a média produtividade não comercial de frutos por ha foi submetida ao teste Tukey (5%), os híbridos Jennifer e Sheila diferiram estatisticamente dos híbridos Lumi e Alambra. Em relação à produtividade total de

cada híbrido a percentagem de produtividade não comercial foi de 22,97%, 20,68%, 11,85% e 9,23%, respectivamente para híbrido Jennifer, Sheila, Lumi e Alambra. Não houve influência das doses de CO₂ na produção não comercial de frutos por planta (Tabela 10).

Tabela 11. Médias da massa fruto com podridão apical por planta (MFPA), número de fruto com podridão apical por planta (NFPA), produção não comercial de fruto por planta (PNFP) e produtividade não comercial de fruto por ha (PNF) em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Híbridos	MFPA -kg-	NFPA	PNFP -kg-	PNF -t ha-
Alambra	0,236 bc	3,37 b	0,444 b	11,18 b
Jennifer	0,402 ab	3,85 b	1,040 a	26,01 a
Lumi	0,178 c	1,93 b	0,513 b	12,84 b
Sheila	0,529 a	7,63 a	0,909 a	22,74 a
CV(%)	7,38	25,24	8,19	8,19
Média	0,336	4,19	0,727	18,20

*Médias seguidas da letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Na Tabela 12 verifica-se que, para o híbrido Alambra a produção comercial de frutos por ha foi reduzido em função da aplicação de CO₂, confirmado pela superioridade da média da testemunha em função das médias dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Ainda para este híbrido, verifica-se que a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior produção comercial de frutos por planta quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ aplicados via água de irrigação. A dose de 7 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou a menor produção comercial de frutos. Ainda na mesma Tabela observa-se que a aplicação de CO₂ não afetou significativamente a produção comercial de frutos para os Lumi e Sheila. No entanto, para o híbrido Jennifer verificou-se que aplicação de 4 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior produção comercial de frutos do que 7 L min⁻¹ de CO₂. Não houve resposta significativa para os outros contrastes testados para este híbrido.

Os híbridos Alambra (5,15 kg) e Jennifer (3,79 kg) apresentaram maior produção comercial de frutos por planta para dose 0 L min⁻¹ (testemunha), enquanto que os híbridos Lumi (4,49 kg) e Sheila (3,81 kg) foram mais produtivos na dose 4 L min⁻¹, evidenciando comportamentos diferentes dos híbridos em relação à água carbonatada (Tabela 12).

Tabela 12. Médias da produção comercial de frutos por planta (PCFP), produção total de frutos por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos por ha (PCF), produtividade total de frutos por ha (PTF) e diâmetro transversal de fruto, por híbridos ou grupo de híbridos, nas doses 0, 4, 7 e 10 L min⁻¹ de CO₂, e significância dos contrastes. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Híbridos/Doses de CO ₂	Variáveis				
	PCFP -kg-	PTFP -kg-	PCF -ha-	PTF -ha-	DT -mm-
H ₁ /D ₁ ¹	5,15	5,51	128,83	137,70	65,81
H ₁ /D ₂ + H ₁ /D ₃ + H ₁ /D ₄	4,09	4,57	102,36	114,31	65,10
H ₁ /D ₂ + H ₁ /D ₃	3,59	4,01	89,87	100,13	64,39
H ₁ /D ₄	5,09	5,71	127,32	142,67	66,51
H ₁ /D ₂	4,26	4,75	106,63	118,85	65,22
H ₁ /D ₃	2,92	3,26	73,11	81,42	63,55
H ₂ /D ₁	3,79	4,82	94,69	120,43	68,54
H ₂ /D ₂ + H ₂ /D ₃ + H ₂ /D ₄	3,39	4,43	84,65	110,75	67,94
H ₂ /D ₂ + H ₂ /D ₃	3,47	4,46	86,84	111,62	68,38
H ₂ /D ₄	3,21	4,36	80,27	109,03	67,07
H ₂ /D ₂	3,61	4,44	90,24	111,05	67,22
H ₂ /D ₃	3,34	4,49	83,43	112,19	69,54
H ₃ /D ₁	3,76	4,35	93,99	108,79	65,21
H ₃ /D ₂ + H ₃ /D ₃ + H ₃ /D ₄	3,83	4,32	95,73	107,93	64,91
H ₃ /D ₂ + H ₃ /D ₃	3,74	4,17	93,60	104,37	63,97
H ₃ /D ₄	4,00	4,60	99,99	115,06	66,77
H ₃ /D ₂	4,49	5,01	112,37	125,19	63,74
H ₃ /D ₃	2,99	3,34	74,83	83,54	64,21
H ₄ /D ₁	3,57	4,33	89,28	108,32	63,50
H ₄ /D ₂ + H ₄ /D ₃ + H ₄ /D ₄	3,46	4,42	86,43	110,40	64,13
H ₄ /D ₂ + H ₄ /D ₃	3,64	4,62	90,89	115,60	63,75
H ₄ /D ₄	3,10	4,00	77,51	110,01	64,89
H ₄ /D ₂	3,81	4,76	95,23	119,11	63,63
H ₄ /D ₃	3,46	4,48	86,56	112,10	63,88
CV (%)	14,15	14,18	14,15	14,18	2,32
Contrastes	Significância				
3H ₁ /D ₁ - H ₁ /D ₂ - H ₁ /D ₃ - H ₁ /D ₄	**	*	**	**	ns
H ₁ /D ₂ + H ₁ /D ₃ -2 H ₁ /D ₄	**	**	**	**	*
-H ₁ /D ₂ + H ₁ /D ₃	**	**	**	**	ns
3H ₂ /D ₁ - H ₂ /D ₂ - H ₂ /D ₃ - H ₂ /D ₄	ns	ns	ns	ns	ns
H ₂ /D ₂ + H ₂ /D ₃ -2 H ₂ /D ₄	ns	ns	ns	ns	ns
-H ₂ /D ₂ + H ₂ /D ₃	ns	ns	ns	ns	*
3H ₃ /D ₁ - H ₃ /D ₂ - H ₃ /D ₃ - H ₃ /D ₄	ns	ns	ns	ns	ns
H ₃ /D ₂ + H ₃ /D ₃ -2 H ₃ /D ₄	ns	ns	ns	ns	**
-H ₃ /D ₂ + H ₃ /D ₃	**	**	**	**	ns
3H ₄ /D ₁ - H ₄ /D ₂ - H ₄ /D ₃ - H ₄ /D ₄	ns	ns	ns	ns	ns
H ₄ /D ₂ + H ₄ /D ₃ -2 H ₄ /D ₄	ns	ns	ns	ns	ns
-H ₄ /D ₂ + H ₄ /D ₃	ns	ns	ns	ns	ns

1.H₁= híbrido Alambra, H₂= híbrido Jennifer, H₃= híbrido Lumi, H₄= híbrido Sheila, D₁= testemunha (Dose CO₂ 0 Lmin⁻¹), D₂= dose CO₂ 4 Lmin⁻¹, D₃= dose CO₂ 7 Lmin⁻¹, D₄= dose CO₂ 10 Lmin⁻¹, *= Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,01), **= Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05), ns= Contraste não significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05) .

Na Tabela 13, o desdobramento dos híbridos dentro das doses, verificou-se que houve diferença significativa dos híbridos para a dose testemunha e dose 10 L

min^{-1} de CO_2 para produção comercial de frutos, sendo o híbrido Alambra superior aos demais híbridos. Ainda na mesma Tabela observa-se que não houve diferença entre os híbridos quando estes receberam as doses 4 e 7 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação

Branco (2004) trabalhando com a aplicação de duas doses de CO_2 (5 e 10 L min^{-1}) em tomateiro enxertado e pé-franco verificou que o CO_2 dissolvido na água de irrigação, não alterou a produtividade do tomateiro. Hartz e Holt (1991) estudaram o efeito de doses de CO_2 (0; 0,5 e 1,0 g L^{-1}) na água de irrigação sobre as plantas de tomate e pepino e não constataram aumentos de produção em nenhuma delas.

Tabela 13. Médias da produção comercial por planta (PCFP), produção total de frutos por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos por ha (PCF), produtividade total de frutos por ha (PTF) e diâmetro transversal (DT) em função dos híbridos dentro de cada dose de CO_2 aplicada. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2008-2009

Doses CO_2	Híbridos	PCFP -kg-	PTFP -kg-	PCF -t ha-	PTF -t ha-	DT -mm-
0 L min^{-1}	Alambra	5,153 a*	5,508 a	128,83 a	137,70 a	65,81 ab
	Jenifer	3,788 b	4,817 a	94,69 b	120,42 a	68,54 a
	Lumi	3,760 b	4,351 a	93,99 b	108,79 a	65,21 b
	Sheila	3,571 b	4,333 a	89,28 b	108,32 a	63,50 b
4 L min^{-1}	Alambra	4,265 a	4,754 a	106,63 a	118,84 a	65,22 ab
	Jenifer	3,610 a	4,442 a	90,24 a	111,04 a	67,22 a
	Lumi	4,494 a	5,008 a	112,37 a	125,19 a	63,74 b
	Sheila	3,809 a	4,764 a	95,23 a	119,11 a	63,62 b
7 L min^{-1}	Alambra	2,924 a	3,257 a	73,11 a	81,42 a	63,55 b
	Jenifer	3,337 a	4,488 a	83,43 a	112,19 a	69,53 a
	Lumi	2,993 a	3,342 a	74,83 a	83,54 a	64,21 b
	Sheila	3,462 a	4,484 a	86,56 a	112,19 a	63,87 b
10 L min^{-1}	Alambra	5,092 a	5,707 a	127,32 a	142,66 a	66,51 a
	Jenifer	3,211 b	4,361 ab	80,27 b	109,03 ab	67,07 a
	Lumi	3,999 ab	4,602 ab	99,99 ab	113,06 ab	66,77 a
	Sheila	3,100 b	4,000 b	77,51 b	100,01 b	64,89 a
CV(%)		14,4	14,08	14,15	14,18	1,93
Média		3,786	4,514	94,64	112,84	65,58

*Médias seguidas da letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Por outro lado, Cramer et al. (2001) constataram aumento de 7% na produção comercial do tomateiro com enriquecimento carbônico de 1,0 g L^{-1} na rizosfera da planta, devido à redução de 57% na incidência de podridão apical nos frutos em relação à testemunha.

Na Tabela 12 observa-se que para o híbrido Alambra, a produção total de frutos foi reduzida com a aplicação do CO₂, confirmada pela superioridade da média da média da testemunha em função das médias dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Ainda para este híbrido, verificou-se que a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior produção total de frutos quando comparado a média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação, e a dose 7 L min⁻¹ proporcionou a menor produção total de frutos. Ainda na mesma tabela verifica-se que a aplicação do CO₂ via água de irrigação não afetou significativamente a produtividade total de frutos para os Jennifer, Lumi e Sheila, exceto o Lumi que a aplicação de 4 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior produção total em relação à dose 7 L min⁻¹ de CO₂.

No desdobramento dos híbridos dentro de doses, houve diferença ($p \leq 0,05$) entre os híbridos para a dose 10 L min⁻¹ de CO₂. O híbrido Alambra e Lumi foram estatisticamente superior, porém o segundo não diferiu dos híbridos Sheila e Jennifer (Tabela 13).

Os híbridos Alambra (5,508 kg) e Jennifer (4,817 kg) obtiveram maior produção total por planta na dose 0 L CO₂ min⁻¹, enquanto que os híbridos Lumi (5,008 kg) e Sheila (4,764) tiveram maior produção na dose 4 L CO₂ min⁻¹ (Tabela 12).

Estes resultados estão de acordo com Branco et al. (2007a) não observaram diferença entre os tratamentos de doses de CO₂ para massa fresca de fruto comercial e massa fresca de frutos total por planta. Baiget² (2002) (Apud BRANCO, 2004) também não encontrou diferença na produção total e comercial com aplicação de CO₂, via água de irrigação, quando cultivado em solo natural, pois quando cultivado em substrato houve aumento de ganho em produção, quando irrigado com CO₂ dissolvido na solução nutritiva.

A produtividade comercial de frutos por ha, conforme Tabela 12, para o híbrido Alambra foi reduzida em função da aplicação do CO₂, confirmado pela superioridade da média da testemunha em função do média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Ainda para este híbrido, verificou-se que a aplicação de 10 L min⁻¹ proporcionou maior produtividade comercial de frutos

² BAIGET, S. G. Efectes de la fertirrigación carbónica i de l'oxigenación del medi radicular en la productivitat dels cultius hortícoles. Lleida, 2002. 174 p. Tese (Doutorado) – Departamento de Meio Ambiente e Ciências do Solo, Universidade de Lleide, Espanha.

quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação, e a dose de 7 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou a menor produtividade comercial de frutos por ha. Na mesma tabela, verificou-se que a aplicação do CO₂ via água de irrigação não afetou significativamente a produtividade comercial de frutos para os híbridos Jenifer, Lumi e Sheila. Exceto para aplicação de 4 e 7 de CO₂ min⁻¹ para o híbrido Lumi, sendo a que aplicação de 4 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação proporcionou maior produtividade comercial de frutos.

No desdobramento dos híbridos dentro das doses houve diferença pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$) para testemunha, onde o híbrido Alambra foi superior aos demais híbridos quando não foi aplicado CO₂. Na dose 10 L min⁻¹ de CO₂ o híbrido Alambra foi superior aos demais, mas, não diferiu estatisticamente do híbrido Lumi (Tabela 13). Esses resultados indicam que houve significância do contraste, porém, as doses de CO₂ aplicadas não aumentaram a produtividade comercial de frutos por ha, pois produtividade da testemunha foi superior a produtividade dos tratamentos que receberam o gás.

Os híbridos Alambra e Jennifer apresentaram maiores produtividades comercial de frutos, 128,83 t ha⁻¹ e 94,69 t ha⁻¹ de frutos, respectivamente, quando não foi aplicado o CO₂ na água de irrigação (controle), enquanto os outros híbridos foram mais produtivos quando se utilizou a dose 4 L min⁻¹ de CO₂ na água de irrigação. Com esta dose, o híbrido Lumi com 112,37 t ha⁻¹, e finalmente o híbrido Sheila com 95,23 t ha⁻¹ (Tabela 12).

Quando verifica os relatos na literatura, Cararo (2000), trabalhando com a cultura do tomate (cultivar Débora-Plus), obteve incremento de 8,2% na produção com a aplicação da dose de CO₂ de 7,73 g L⁻¹. Estudos de D'Andria et al. (1990), sobre efeitos da água carbonatada e "mulchung" em tomateiro, obtiveram incremento de 7 t ha⁻¹ com a utilização de "mulching" e aplicação de CO₂. Novero et al. (1991) obtiveram aumento no ganho de produção do tomateiro na ordem de 9 % em produtividade com irrigação com água carbonatada e uso de "mulching" como cobertura do canteiro de cultivo.

Os resultados obtidos não revelaram ganhos na produção na magnitude geralmente citada na literatura. Possivelmente, algum fator climático, ou interação entre eles, juntamente com aspectos de manejo do ambiente, podem ter sido responsáveis pela limitação de resposta ao incremento de CO₂.

Branco et al (2007b) estudaram os efeitos da aplicação de CO₂, via água de irrigação, e da enxertia e na massa fresca de frutos comerciais na cultura do tomateiro. Não teve diferença significativa para a aplicação de 110 g CO₂ por planta (aplicado dos 34 DAT até o final do ciclo da cultura) na produção de massa fresca de frutos comerciais.

Em diversas culturas foram relatados acréscimos de produtividade pela aplicação de CO₂, com relatos na literatura por vários autores. Na cultura do Melão (10,4%), aplicando uma dose de 301,8 kg ha⁻¹ (CARDOSO, 2002). Na cultura do pimentão, Guri et al. (1999), aplicando a concentração de 400 ppm de CO₂ em solução nutritiva observaram acréscimo de 10% na produtividade. Paula (2007) obteve incremento de 21% na produção de frutos de pimenta com a aplicação de 207 Kg CO₂ ha⁻¹, antes da poda. Pinto et al. (2001) obteve maiores produtividades de melão nos tratamentos com aplicação de CO₂ via água de irrigação.

Gualberto et al. (2007) obtiveram produção de 151,7 t ha⁻¹ de frutos de tomate do híbrido Sheila. Esta produção foi superior as obtidas neste experimento.

Verifica-se na Tabela 12, que a produtividade total de frutos do híbrido Alambra foi reduzida em função da aplicação do CO₂, fato este, confirmada pela superioridade da média da testemunha em relação as médias dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Ainda para este híbrido, verificou-se que a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior produtividade total de frutos por ha quando comparado á média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação, e a dose de 7 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou a menor produtividade comercial de frutos por ha. Ainda na mesma tabela verificou-se que a aplicação do CO₂ via água de irrigação não afetou significativamente a produtividade comercial de frutos para os híbridos Jennifer, Lumi e Sheila.

No desdobramento dos híbridos dentro de doses, conforme na Tabela 13, o híbrido Jennifer foi superior aos demais em todas as doses de CO₂ aplicadas, exceto na dose 10 L min⁻¹ de CO₂ quando não houve diferença.

O híbrido Alambra apresentou a maior média de produtividade total de frutos (142,67 t ha⁻¹) no tratamento dose 10 L min⁻¹ de CO₂, o híbrido Jennifer teve maior produtividade total de frutos (120,43 t ha⁻¹) no tratamento dose 0 (sem gás), enquanto os híbridos Jennifer (119,11 t ha⁻¹) e Lumi (125,19 t ha⁻¹) foram mais produtivas quando submetida a dose 4 L min⁻¹ de CO₂ (Tabela12).

Carneiro Junior (2004) observou que a máxima produção de frutos de tomate foi atingida com a concentração de $7,3 \text{ L min}^{-1}$ de CO_2 na água de irrigação. A partir desta concentração, houve um declínio na produção.

Para o diâmetro transversal dos frutos, o desdobramento de doses dentro de híbridos, na Tabela 12, verifica-se que para o híbrido Alambra e Lumi, o diâmetro transversal foi reduzido em função da aplicação do CO_2 , confirmado pela superioridade da média da testemunha em função da média dos tratamentos que receberam CO_2 via água de irrigação. Ainda para este híbrido não houve diferença entre as doses de CO_2 aplicadas via de irrigação. Para o híbrido Jennifer, as médias do diâmetro transversal do fruto quando aplicado 4 L min^{-1} de CO_2 foi superior a média dos tratamentos que receberam 7 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação. Não houve do híbrido Sheila para aplicação de CO_2 via água de irrigação.

Para o desdobramento dos híbridos dentro de doses, houve diferença para a dose 0 e $4 \text{ L min}^{-1} \text{ CO}_2$, o híbrido Jennifer e Lumi foram superior aos demais híbridos, porém este não foi estatisticamente superior ao Híbrido Lumi e Sheila. Para a dose $7 \text{ L min}^{-1} \text{ CO}_2$, o híbrido Jennifer superou os outros híbridos. Para a dose $10 \text{ L min}^{-1} \text{ CO}_2$ não houve resposta dos híbridos (tabela 13).

Para o diâmetro transversal de fruto o híbrido Jennifer (69,54 mm) apresentou maior diâmetro na dose 7 L min^{-1} de CO_2 , o híbrido Lumi (66,77mm), o híbrido Sheila (64,89) e Alambra (66,51 mm) obtiveram maior diâmetro com aplicação da dose 4 (10 L min^{-1}) (Tabela 12).

Na cultura do pimentão, Furlan et al. (2002) observaram que a aplicação de CO_2 no ambiente protegido possibilitou a obtenção de maior diâmetro, na ordem de 11% em relação ao ambiente protegido, sem aplicação de CO_2 .

Caliman et al. (2008) estudando o desempenho de cultivares de tomate salada indeterminado em ambiente protegido, obtiveram produção comercial para cultivar Sheila de 6,06 kg por planta, com diâmetro médio de 157 mm.

4.5 Segundo experimento

4.5.1 Características produtivas e qualitativas dos frutos

Os resumos da análise da variância para os dados de produção e qualidade encontram-se nas Tabelas 14, 15 e 16. Verifica-se que não houve efeito da interação entre os fatores (Híbridos x Doses) para nenhuma das características, entretanto, foram constatados efeitos isolados de híbridos e doses para algumas características.

Tabela 14. Quadrados médios resultantes da análise de variância para produção comercial por planta (PCFP), produção não comercial de fruto por planta (PNFP), produção total de fruto por planta (PTFP), produtividade comercial de fruto (PCF), produtividade não comercial de fruto (PNF) e produtividade total de fruto (PTF). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Fonte variação	GL	Quadrados médios					
		PCFP	PNFP	PTFP	PCF	PNF	PTF
Híbridos (H)	3	0,41 ^{ns}	3,249**	138,55 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,039**	0,222 ^{ns}
Doses CO ₂ (D)	3	1306,69**	1,382**	899,42**	2,090**	0,017**	1,439**
HxD	9	114,27 ^{ns}	0,313 ^{ns}	98,28 ^{ns}	0,182 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,157 ^{ns}
Resíduo	32	118,19	0,257	86,43	0,189	0,003	0,138
CV		15,09	16,44	11,37	15,09	4,92	11,37
Média		72,04	9,74	81,78	2,88	0,39	3,27

**Significativo pelo teste F ($p \leq 0,01$); *Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$); ^{ns} Não significativo pelo teste F.

Os valores dos quadrados médios indicam que houve efeito significativo para doses de CO₂ para produção comercial fruto por planta, produção não comercial por planta, produção total de fruto por planta, produtividade comercial de fruto por ha, produção de fruto não comercial por planta, produtividade total fruto por ha, número frutos comerciais, número de frutos não comerciais, massa média de fruto comercial, acidez titulável e SS/AT (Tabela 14, 15 e 16).

Os híbridos influenciaram significativamente a produção não comercial de frutos por planta, produtividade não comercial de fruto por ha, número de fruto comercial, número de fruto não comercial, número de fruto total, massa média de fruto comercial, massa média de fruto não comercial, diâmetro transversal, pH,

acidez titulável, razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, massa fruto com podridão apical e número de fruto com podridão apical (Tabela 14, 15 e 16).

Tabela 15. Quadrados médios resultantes da análise de variância para número de frutos comerciais por planta (NFC), número de fruto não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NTF), massa média de fruto comercial (MM), massa média de fruto não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT). UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Fonte variação	GL	Quadrados médios					
		NFC	NFR	NTF	MM	MR	DT
Híbridos (H)	3	0,820**	1,983**	2,348**	2444,9**	1,963**	77,80**
Doses CO ₂ (D)	3	0,893**	0,972*	0,289 ^{ns}	659,5**	0,578 ^{ns}	6,59 ^{ns}
HxD	9	0,129 ^{ns}	0,199 ^{ns}	0,112 ^{ns}	38,9 ^{ns}	0,130 ^{ns}	2,02 ^{ns}
Resíduo	32	0,085	0,264	0,110	105,4	0,324	2,81
CV		6,37	16,75	5,85	8,08	8,53	2,62
Média		22,84	8,81	31,66	127,22	43,90	63,85

**Significativo pelo teste F ($p \leq 0,01$); *Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$); ^{ns}Não significativo pelo teste F.

Tabela 16. Quadrados médios resultantes da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), razão entre o teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa fruto com podridão apical (MFPA), número de fruto com podridão apical. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Fonte variação	GL	Quadrados médios					
		pH	SS	AT	SS/AT	MFPA	NFPA
Híbridos (H)	3	0,049**	0,250 ^{ns}	0,007**	7,062**	0,005**	6,052**
Doses CO ₂ (D)	3	0,006 ^{ns}	0,361 ^{ns}	0,004**	4,822*	0,001 ^{ns}	0,625 ^{ns}
HxD	9	0,003 ^{ns}	0,833 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1,056 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,821 ^{ns}
Resíduo	32	0,053	0,229	0,001	0,895	0,001	1,19
CV		0,97	9,49	5,68	6,57	3,31	24,70
Média		4,19	4,79	0,331	14,40	1,02	0,86

**Significativo pelo teste F ($p \leq 0,01$); *Significativo pelo teste F ($p \leq 0,05$); ^{ns}Não significativo pelo teste F.

Os coeficientes de variação (CV) para todos os parâmetros variaram de 0,97 a 24,70, indicando boa precisão do experimento para todos os caracteres avaliados (Tabela 14, 15 e 16). De maneira geral, o CV de cada caractere avaliado foi baixo, exceto para número de frutos com podridão apical.

Na Tabela 17 verifica-se que a aplicação de CO₂ via água de irrigação reduziu o número de frutos comerciais por planta, confirmada pela superioridade da média da testemunha em função da média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Ainda na mesma Tabela observa-se que não houve diferença entre as médias da aplicação da dose 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ com média da dose 10 L

min^{-1} de CO_2 via água de irrigação. Porém, comparando-se a aplicação da dose 4 L min^{-1} de CO_2 com a dose 7 L min^{-1} de CO_2 , verifica-se a superioridade da média do número de frutos comerciais quando aplicado à dose 4 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação (Tabela 17). O número de frutos comerciais por planta foi superior no híbrido Alambra, conforme Tabela 18.

Branco et al. (2004) relataram que houve aumento no número de frutos comerciais de tomate quando aplicado CO_2 via água de irrigação.

Em experimento Frizzzone et al. (2005a) aplicando CO_2 via água de irrigação na cultura do melão, relataram aumento significativo na produtividade de frutos com aplicação de CO_2 via água de irrigação.

Tabela 17. Média do número de fruto comercial por planta (NFC), número de fruto não comercial por planta (NFR), número de fruto total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM), massa média de fruto não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT) em função das doses de CO_2 aplicadas via água de irrigação. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Doses CO_2	Estimativa dos Contrates					
	NFC	NFR	NFT	MM -g-	MR -g-	DT -mm-
D ₁ ¹	25,94	8,11	34,06	131,78	42,53	64,36
D ₂ + D ₃ + D ₄	21,81	9,05	30,86	125,56	44,36	63,68
D ₂ + D ₃	21,32	10,04	31,36	120,95	43,68	63,34
D ₄	22,81	7,06	29,86	134,78	45,71	64,35
D ₂	23,17	8,78	31,94	118,91	40,54	63,90
D ₃	19,47	11,31	30,78	122,99	46,83	62,78
CV (%)	6,37	16,75	5,85	8,08	8,53	2,62
Contraste	Significância					
3D ₁ - D ₂ - D ₃ - D ₄	*	ns	*	ns	ns	ns
+ D ₂ + D ₃ - 2D ₄	ns	**	ns	*	ns	ns
- D ₂ + D ₃	*	ns	ns	ns	ns	ns

¹-D₁= testemunha (Dose CO_2 0 L min^{-1}), D₂= dose CO_2 4 L min^{-1} , D₃= dose CO_2 7 L min^{-1} , D₄= dose CO_2 10 L min^{-1} , *= Contraste significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,01$), **= Contraste significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,05$), ^{ns}= Contraste não significativo pelo teste Scheffé ($p \leq 0,05$).

De acordo com a Tabela 17, não houve diferença entre a média da testemunha com a média das parcelas que receberam CO_2 via água de irrigação para o número de fruto não comercial por planta. Mas a média do número de frutos não comercial das parcelas que receberam a dose 4 e 7 L min^{-1} de CO_2 foram superiores a média das parcelas que receberam 10 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação. Não houve diferença entre a aplicação da dose 4 e 7 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação para o número de frutos não comercial. Entre os híbridos, o

Alambra e o Sheila apresentaram maior número de frutos não comercial, em comparação com os híbridos Lumi e Sheila, sendo que este último não diferiu do híbrido Jennifer conforme Tabela 18.

Tabela 18. Médias do número de fruto comercial por planta (NFC), número de frutos não comerciais por planta (NFR), número de frutos total por planta (NFT), massa média de fruto comercial (MM), massa média de frutos não comercial (MR) e diâmetro transversal de fruto (DT) em função dos híbridos. Unioeste. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Híbridos	NFC	NFR	NFT	MM -g-	MR -g-	DT -mm-
Alambra	26,53 a*	12,39 a	38,91 a	107,78 c	44,48 ab	60,86 c
Jennifer	20,36 b	7,06 b	27,41 c	141,88 a	38,30 b	67,16 a
Lumi	21,94 b	6,47 b	28,42 bc	131,50 ab	41,59 b	63,78 b
Sheila	22,56 b	9,33 ab	31,89 b	127,30 b	51,22 a	63,50 b
CV(%)	6,37	16,75	5,85	8,08	8,53	2,62
Média	22,85	8,81	31,66	127,11	43,90	63,85

*Médias seguidas da letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Na Tabela 17 verificou-se que o número de fruto total por planta foi reduzido em função da aplicação do CO₂, confirmado pela superioridade da média da testemunha em função da média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Ainda na mesma Tabela observa-se que não houve diferença entre as doses de CO₂ aplicadas via água de irrigação.

Na Tabela 18 observa-se a superioridade do híbrido Alambra para variável número total de frutos por planta. O híbrido Sheila obteve o segundo maior número total de frutos, enquanto os híbridos Jennifer e Lumi obtiveram menor número total de frutos, porém o híbrido Lumi não diferiu do híbrido Sheila.

A massa média de fruto comercial foi reduzida em 4,7% em função da aplicação do CO₂, porém não houve diferença estatística da média da testemunha e a média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação (Tabela 17). Ainda na mesma Tabela verifica-se que a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior massa média de fruto quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Não houve diferença entre a aplicação da dose 4 e a 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação.

Para massa média frutos comerciais houve diferença entre os híbridos, o híbrido Jennifer teve maior massa média, porém, não diferiu do híbrido Lumi, e este

não diferenciou do híbrido Sheila. O híbrido Alambra teve a menor massa média de fruto comercial (Tabela 18).

Islan et al. (1996) observaram um aumento no peso dos frutos de tomate cultivado em ambiente enriquecido com CO₂, devido ao aumento da fotossíntese, que proporcionou um maior acúmulo de carboidratos.

As doses de CO₂ não influenciaram a massa média de fruto não comercial (Tabela 18), não houve significância ($p \leq 0,05$) para nenhum dos contrastes testado (Tabela 17). No entanto, houve respostas dos híbridos, os híbridos Lumi, Jennifer e Alambra tiveram menor massa média de fruto não comercial, porém, está última não diferenciou do híbrido Sheila (Tabela 18).

Na Tabela 17 observa-se que não houve efeito das doses de CO₂ aplicada via água de irrigação no diâmetro transversal de frutos. Entre os híbridos, o híbrido Jennifer foi o que apresentou maior diâmetro transversal de frutos (Tabela 18), ao nível de 5% probabilidade pelo teste Tukey, com 67,16 mm de diâmetro e diferiu dos híbridos Lumi e Sheila, o híbrido Alambra apresentou menor diâmetro.

Em experimento Furlan et al. (2002) avaliou o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e do enriquecimento da atmosfera com CO₂ na cultura do pimentão, em ambiente protegido. A aplicação de CO₂ no ambiente protegido possibilitou obtenção de maiores comprimento, diâmetro e número de frutos por planta, além da massa e rendimento, na ordem de 12,4%; 11,9%; 21,4%; 20,0%; e 51,3%, respectivamente, em relação ao ambiente protegido, sem aplicação de CO₂.

Na tabela 19, observa-se que a produção comercial de frutos por planta foi reduzida em função da aplicação do CO₂, confirmado pela superioridade da média da testemunha em função da média da testemunha em função da média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Observa-se ainda que a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior produção comercial de frutos por planta quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Ainda na mesma tabela verifica-se que não houve diferença entre a dose 4 L min⁻¹ e a 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Na tabela 20, são apresentados as médias da produção comercial por planta, estas não foram influenciadas pelos híbridos, ou seja, não houve diferença entre de produção entre híbridos.

Hartz e Holt (1991) estudaram o efeito das doses de CO₂ (0; 0,53 1,0 g L⁻¹) na água de irrigação na cultura de tomate e do pepino e não observaram aumentos na produção, em função das doses de CO₂.

Branco et al. (2005) avaliou o efeito de três doses (0; 5 e 10 L min⁻¹) CO₂ na água de irrigação, de acordo com os resultados, não houve efeito do tratamento na produção do tomateiro. Cramer et al. (2001), não observaram resultado significativo na produção do tomateiro irrigado com água carbonatada.

Tabela 19. Médias da produção comercial de fruto por planta (PCFP), produção não comercial de frutos por planta (PNFP), produção total fruto por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos por ha (PCF), produtividade não comercial de frutos (PNF) e produtividade total de frutos por ha (PTF) em função das doses de CO₂ aplicadas via água de irrigação. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Doses CO ₂	Variáveis					
	PCFP -kg-	PNFP -kg-	PTFP -kg-	PCF -t ha-	PNF -t ha-	PTF -t ha-
D ₁ ¹	3,367	0,344	3,712	84,18	8,61	92,79
D ₂ +D ₃ +D ₄	2,720	0,405	3,124	67,99	10,11	78,11
D ₂ +D ₃	2,562	0,444	3,006	64,04	11,10	75,14
D ₄	3,035	0,326	3,361	75,88	8,15	84,03
D ₂	2,733	0,364	3,097	68,32	9,10	77,42
D ₃	2,391	0,524	2,914	59,76	13,10	72,86
CV (%)	15,09	4,92	11,37	15,09	4,92	11,37
Contraste	Significância					
3D ₁ - D ₂ - D ₃ - D ₄	*	ns	*	*	ns	*
D ₂ + D ₃ - 2 D ₄	**	**	**	**	**	**
- D ₂ + C ₃	ns	*	ns	ns	*	ns

¹-D₁= testemunha (Dose CO₂ 0 Lmin⁻¹), D₂= dose CO₂ 4 Lmin⁻¹, D₃= dose CO₂ 7 Lmin⁻¹, D₄= dose CO₂ 10 Lmin⁻¹, * = Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,01), ** = Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05), ^{ns} = Contraste não significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05) .

Pode-se observar na Tabela 20, os híbridos Alambra e Sheila apresentaram maior produção não comercial de frutos por planta, diferindo estatisticamente dos híbridos Jennifer e Lumi.

Observa-se na Tabela 20 que não houve diferença entre a média da testemunha e a média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação para produção não comercial de frutos por planta. Porém, a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou menor produção não comercial de frutos por planta quando comparado a média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água

de irrigação. A aplicação de 7 L min^{-1} de CO_2 proporcionou maior produção não comercial de frutos.

Tabela 20. Médias da produção comercial de frutos por planta (PCFP), produção não comercial de frutos por planta (PNFP), produção total de frutos por planta (PTFP), produtividade comercial de frutos (PCF), produtividade não comercial de frutos (PNF), produtividade total de frutos (PTFha) em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Híbridos	PCFP -kg.-	PNFP -kg.-	PTFP -kg.-	PCF -t ha-	PNF -t ha-	PTF -t ha-
Alambra	2,887 a*	0,534 a	3,421 a	72,18 a	13,36 a	85,54 a
Jennifer	2,887 a	0,270 b	3,158 a	72,19 a	6,75 b	78,94 a
Lumi	2,879 a	0,275 b	3,155 a	71,98 a	6,89 b	78,86 a
Sheila	2,872 a	0,478 a	3,350 a	71,80 a	11,95 a	83,76 a
CV(%)	15,09	4,92	11,37	15,09	16,44	11,37
Média	2,881	0,389	3,271	72,04	9,74	81,78

*Médias seguidas da letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

Na Tabela 19 observa-se que a produção total de frutos por planta foi reduzida em função da aplicação do CO_2 , confirmada pela superioridade da média da testemunha em função da média dos tratamentos que receberam CO_2 via água de irrigação. A aplicação de 10 L min^{-1} de CO_2 proporcionou maior produção total de frutos por planta quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação. A dose 7 L min^{-1} de CO_2 proporcionou menor produção total de frutos.

Observa-se na tabela 20, que não houve diferença entre os híbridos na produção total de frutos.

A aplicação de CO_2 na água de irrigação proporcionou aumento na produção total de frutos, na produção comercial e no número de frutos comerciais de melão rendilhado (KANO et al., 2002).

A produtividade comercial de frutos por ha variou de 71,80 a 72,18 t ha (Tabela 20), não havendo efeitos significativos ($p \leq 0,01$) dos híbridos sobre a produtividade comercial.

Na Tabela 19, observa-se redução da produtividade comercial de frutos por ha em função da aplicação do CO_2 , conforme pela superioridade da média da testemunha em função da média dos tratamentos que receberam CO_2 via água de irrigação. A aplicação de 10 L min^{-1} de CO_2 proporcionou maior produtividade comercial de frutos quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e

7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. A menor produtividade comercial de fruto foi obtida com aplicação de 7 L min⁻¹ CO₂ via água de irrigação.

A produtividade comercial de frutos por ha média neste experimento foi de 72,08 t ha⁻¹ (Tabela 20), esta produtividade é considerada baixa, e pode estar relacionada com menor número de racemo por planta, que neste experimento foi seis.

Ao contrário dos resultados obtidos neste experimento, D'Adria et al. (1990) verificaram aumento na produção total de tomate de 84 t ha⁻¹ para 97 t ha⁻¹, com aplicação de CO₂ via água de irrigação.

Pode-se observar na tabela 20, que os híbridos Alambra e Sheila apresentaram maior produtividade não comercial de frutos por ha, diferindo estatisticamente dos híbridos Jennifer e Lumi.

Para a produtividade não comercial de frutos por ha não houve diferença entre a média da testemunha com a média dos tratamentos que receberam aplicação de CO₂ (Tabela 19). No entanto, verificou-se que a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou menor produtividade não comercial de frutos quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Ainda na mesma tabela, a dose 7 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou a maior produtividade não comercial de frutos por ha.

Observa-se na tabela 20, que não houve diferença entre os híbridos na produtividade total de frutos por ha, a média da produtividade foi de 81,78 t ha. Esta produtividade foi satisfatória, considerando que as plantas foram conduzidas com 6 racemos e o experimento foi conduzido em vasos, com limitado espaço para o desenvolvimento das raízes.

A produtividade total de frutos por ha foi reduzida com aplicação de CO₂, confirmada pela superioridade da média da testemunha em relação às médias dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação, conforme Tabela 19. Verificou-se ainda que a utilização de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior produtividade total de frutos quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Não houve diferença entre as médias da produtividade total de fruto entre a aplicação da dose 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂.

Para esta variável houve diferença entre os contrastes, mas adição de CO₂ via água de irrigação não proporcionou aumento na produtividade. Estes resultados

corroboram com os obtidos por Caliman (2008) observou que o enriquecimento com CO₂ não alterou a produtividade do tomateiro das cultivares Andreia, Débora Plus, Rebeca e Alambra, elevando a concentração em ambiente protegido para valores próximo a 750 µL/L durante o período que este permaneceu fechado.

Na tabela 21 verifica-se que não houve diferença do pH dos frutos em função da aplicação de CO₂, confirmado pela igualdade da média da testemunha com a média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Verifica-se ainda que a aplicação de 10 L min⁻¹ de CO₂ proporcionou maior pH dos frutos quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Não houve diferença entre aplicação da dose 4 L min⁻¹ com a dose 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação (Tabela 21). Entre os híbridos, verifica-se na tabela 22 que o híbrido Jennifer e Lumi diferenciou ($p \leq 0,05$) dos híbridos Alambra e Sheila.

D'Albuquerque Jr. et al. (2007) estudaram o efeito da aplicação de CO₂ na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido. Observou que a aplicação de CO₂ via água de irrigação nos estádios frutificação e florescimento proporcionou aumento na produtividade de 17% e 18% em relação ao tratamento testemunha, sem CO₂. Os resultados mostram que a aplicação de CO₂ não alterou a qualidade dos frutos (Brix e pH), porém no tratamento que recebeu aplicação de CO₂ via água de irrigação no estágio de frutificação se observou uma menor acidez.

Os açúcares solúveis presentes em frutos maduros são principalmente os redutores e estes aumentam progressivamente durante o desenvolvimento e amadurecimento do fruto (WINSOR et al., 1962).

A porcentagem de sólidos solúveis, que é representada pelo °Brix inclui os açúcares e os ácidos e tem influência sobre o rendimento industrial, enquanto que a acidez total titulável, que é representada pelo teor de ácido cítrico, influencia o sabor dos frutos (GIORDANO et al., 2000).

Observa-se na tabela 21 e 22 que não houve diferença ($p \leq 0,05$) para doses e híbridos para teor de sólidos solúveis. O teor de sólidos solúveis é o principal fator que determina a qualidade dos frutos (KADER et al., 1978).

Tabela 21. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS) e acidez total titulável (AT), razão entre teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa de fruto com podridão apical (MFPA) e número de frutos com podridão apical em função das doses de CO₂ aplicadas via água de irrigação. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Doses CO ₂	Variáveis					
	pH	SS -°Brix-	AT -%-	SS/AT	MFPA -kg-	NFPA
D ₁ ¹	4,18	4,60	0,49	9,39	0,040	0,61
D ₂ + D ₃ + D ₄	4,18	4,80	0,53	9,20	0,060	0,95
D ₂ + D ₃	4,17	4,84	0,54	8,99	0,065	1,06
D ₄	4,21	4,72	0,49	9,61	0,049	0,75
D ₂	4,17	4,69	0,54	8,78	0,058	1,11
D ₃	4,17	4,99	0,55	9,20	0,073	1,00
CV	0,97	9,49	5,68	6,57	3,31	24,70
Contraste	Significância					
3D ₁ - D ₂ - D ₃ - D ₄	ns	ns	*	ns	ns	ns
+ D ₂ + D ₃ - 2 D ₄	*	ns	*	*	ns	ns
- D ₂ + D ₃	ns	ns	ns	**	ns	ns

¹-D₁= testemunha (Dose CO₂ 0 Lmin⁻¹), D₂= dose CO₂ 4 Lmin⁻¹, D₃= dose CO₂ 7 Lmin⁻¹, D₄= dose CO₂ 10 Lmin⁻¹, * = Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,01), ** = Contraste significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05), ns = Contraste não significativo pelo teste Scheffé (p ≤ 0,05).

Tabela 22. Médias do potencial hidrogeniônico (pH), teor de sólidos solúveis (SS) e acidez total titulável (AT), razão entre teor de sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/AT), massa de fruto com podridão apical (MFPA) e número de frutos com podridão apical em função dos híbridos. UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon-PR, 2009

Híbridos	pH	SS -°Brix-	AT -%-	SS/AT	MFPA -kg-	NFPA
Alambra	4,11 b*	5,000 a	0,55 a	9,10 bc	0,074 ab	1,53 a
Jennifer	4,25 a	4,667 a	0,46 c	0,04 a	0,005 b	0,11 b
Lumi	4,22 a	4,750 a	0,51 b	9,24 b	0,034 ab	0,42 ab
Sheila	4,16 b	4,750 a	0,55 a	8,60 c	0,106 b	1,42 a
CV(%)	0,92	9,99	6,24	5,36	3,31	24,70
Média	4,19	4,76	0,52	9,25	0,055	0,87

*Médias seguidas da letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% probabilidade.

A acidez titulável foi maior em função da aplicação do CO₂, confirmada pela superioridade da média dos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação em relação à média da testemunha, Tabela 21. Observa-se também, que os tratamentos que receberam as doses 4 e 7 L min⁻¹ de CO₂ obtiveram maior acidez titulável dos frutos quando comparado à média dos tratamentos que receberam a 10 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Não houve diferença entre as médias dos tratamentos que receberam a dose 4 L min⁻¹ e a dose 7 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação.

Os híbridos influenciaram a acidez titulável, sendo que os híbridos Alambra e Sheila foram superiores, diferiram do híbrido Lumi, e híbrido Jennifer apresentou menor acidez titulável (Tabela 22).

A presença de concentrações adequadas de açúcares solúveis e ácidos orgânicos determina o desenvolvimento do sabor do fruto e afeta diretamente a qualidade do produto, os híbridos de tomate comerciais de tomate têm entre 1,5 e 4,5% de açúcares na matéria fresca, isto é, cerca de 65% dos sólidos solúveis totais (HOBSON; DAVIES, 1971).

Na Tabela 21 verifica-se que não houve diferença entre a média da testemunha e a média dos tratamentos que receberam CO_2 para a razão entre sólidos solúveis e acidez titulável dos frutos (SS/AT). No entanto, a aplicação de 10 L min^{-1} de CO_2 proporcionou maior SS/AT quando comparado à média dos tratamentos que receberam 4 e 7 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação. Ainda na mesma Tabela, observa-se que a aplicação dose 4 L min^{-1} de CO_2 proporcionou menor SS/AT que a aplicação de 7 L min^{-1} de CO_2 via água de irrigação.

O híbrido Jennifer obteve maior SS/AT, diferindo-se dos híbridos Alambra e Lumi (Tabela 22), enquanto o híbrido Sheila apresentou menor SS/AT.

A média geral para SST/ATT neste experimento foi de 14,40, segundo Gil et al. (2002), a relação SS/AT ótima para o consumo de tomate é de 14,5, indicando que os frutos apresentaram boa qualidade.

Para massa de fruto com podridão apical houve diferença entre os híbridos, os híbridos Alambra e Sheila obtiveram maior massa fruto com podridão apical, porém não diferenciaram dos híbridos Jennifer e Lumi (Tabela 22). As doses de CO_2 não influenciaram na massa de fruto com podridão apical, conforme tabela 22.

Resultados contrários a este ensaio foram observados por Cramer et al. (2001). Estes autores observaram a diminuição da incidência de podridão apical em 57%, no tomateiro irrigado com água cabonatada. Em experimento, Branco (2004) verificou a incidência de podridão apical foi de 43% maior no tratamento que não recebeu CO_2 na água de irrigação.

Para número de fruto com podridão apical houve diferença entre os híbridos, os híbridos Alambra, Sheila e Lumi obtiveram maior número de frutos com podridão apical, porém não diferenciaram do híbrido Jennifer (Tabela 22).

Não houve resposta significativa ($p \leq 0,05$) para nenhum dos contrastes testados para doses de CO_2 , conforme tabela 21.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos neste ensaio não se recomenda a aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação para uso em plantações comerciais. No primeiro experimento, houve interação significativa entre os híbridos e as doses de CO₂, os híbridos Lumi e Sheila obtiveram maior produção e produtividade comercial e total quando receberam a dose 4 L min⁻¹ de CO₂ via água de irrigação. Enquanto que a produção e produtividade total e comercial dos híbridos Alambra e Jennifer foi menor nos tratamentos que receberam CO₂ via água de irrigação. Estes resultados indicam que pode haver resposta diferente de cada híbrido ao incremento de CO₂ via água de irrigação.

As interações entre híbridos e doses não foram repetidas no segundo experimento, dois motivos principais podem ser usados para justificar este fato, a época da realização dos experimentos que foram diferentes, o primeiro foi realizado de setembro a fevereiro, com clima muito quente, e o segundo foi realizado de junho a novembro, em condições mais amenas. O segundo motivo foi que o segundo experimento foi que as plantas foram cultivadas em vaso, o espaço limitado para o crescimento das raízes pode ter limitado o desenvolvimento das plantas e os efeitos benéficos da utilização do dióxido de carbono.

No segundo experimento a aplicação de dióxido de carbono teve efeito negativo sobre as variáveis de produção e produtividade de frutos comerciais e totais, e também sobre o número de frutos totais e comerciais, massa média de fruto comercial e diâmetro transversal. A aplicação proporcionou aumento na acidez titulável, produção e produtividade não comercial de frutos, número de fruto não comercial e massa média de fruto não comercial.

6 CONCLUSÃO

Considerando as condições em que foi conduzido o experimento, concluiu-se que:

No primeiro experimento:

- A utilização de dióxido de carbono via água de irrigação reduziu a produção comercial e total para os híbridos Alambra e Jennifer;
- A aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação aumentou a produção comercial e total, teor de sólidos solúveis e acidez titulável para os híbridos Lumi e Sheila;
- O híbrido Alambra destacou-se dos outros híbridos por apresentar maior produção de frutos comercializáveis, conseqüentemente irá proporcionar maior rentabilidade;
- O híbrido Jennifer destacou-se por apresentar maior diâmetro transversal de frutos e massa média de fruto comercial, proporcionando frutos com melhor classificação no mercado.

No segundo experimento:

- A aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação reduziu a produção e a produtividade comercial e total de frutos, número de frutos total e comercial, massa média de fruto de fruto comercial e diâmetro transversal dos frutos de todos híbridos;
- A utilização de dióxido de carbono via água de irrigação via água de irrigação aumentou acidez titulável dos frutos, produção e produtividade de fruto não comercial e número de fruto não comercial;
- Não houve diferença estatística dos híbridos para produção e produtividade comercial e total entre os híbridos. Porém, o híbrido Jennifer obteve maior massa de fruto e maior diâmetro transversal de fruto, assim pode obter melhor classificação e melhor remuneração.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOCK, B.; ACOKC, M.C.; PASTERNAK, D. Interactions of CO₂ enrichment and temperature on carbohydrate production on accumulation in muskmelon leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Washington, v 115, p. 535-529, 1990.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: Produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidrôponia**. Lavras: Editora UFLA, 400, 2004.

ANDRIOLO, J.L. Fluxo de carbono na planta. IN: ANDRIOLO, Jerônimo Luiz. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 13-46, 1999.

ARAÚJO, W.F. **Aplicação de água carbonatada em abobrinha cultivado em solo com e sem cobertura plástica**. Piracicaba, 2002, p.86. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BAKER, R. *Trichoderma* ssp. As plant-growth stimulants. **Critical Reviews in Biotechnology**, Boca Raton, v 7, n. 2, p. 97-107, 1988.

BOWES, G. Facing the inevitable: plants and increasing atmospheric CO₂. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, v 44, p. 309-332, 1993.

BRANCO, R.B.F. **Enxertia e irrigação com água carbonatada no transporte de ¹⁵N na produção do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. Botucatu, 2004. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”.

BRANCO, R.B.F.; GOTO, R.; CARNEIRO JUNIOR, A.G.; GUIMARÃES, V.F.; RODRIGUES, J.D.; TRIVELIN, P.C.O. Transporte do ¹⁵N e produtividade do tomateiro enxertado irrigado com água carbonatada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 25, p. 77-81, 2007a.

BRANCO, R.B.F.; GOTO, R.; CARNEIRO JUNIOR, A.G.; GUIMARÃES, V.F.; RODRIGUES, J.D.; TRIVELIN, P.C.O.; SILVEIRA, L.V de A. Enxertia e água de irrigação carbonatada no transporte de ¹⁵N e na produção do tomateiro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 11, p. 374-379, 2007b.

BRANCO, R.B.F.; GOTO, R.; CARNEIRO JUNIOR, A.G.; GUIMARÃES, V.F.; RODRIGUES, J.D. Enxertia e irrigação carbonatada no transporte e na produção do

tomateiro, no outono. IN: 45° Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza. 45CBO-Suplementos. v 23. p. 374.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SARC nº 085 de 06 de março de 2002. Propõe o Regulamento técnico de identidade e qualidade para classificação do tomate. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, mar. 2002. (Consulta pública).

BRICKELL, C.D.; BAUM, B.R.; HETTERSCHEID, W.L.A.; LESLIE, A.C.; MCNEILL, J.; TREHANE, P.; VRUGTMAN, F.; WIERSEMA, J.H. International code of nomenclature of cultivated plants. **Acta Horticulturae**, v 647, p. 1-123, 2004.

CALIMAN, F.R.B. Enriquecimento com CO₂ por meio de compostagem para a cultura do tomateiro em ambiente protegido. Viçosa, 2008. 78 p. Tese (Doutor em Fitotecnia) Univesidade Federal de Viçosa.

CALIMAN, F.R.B. et al. Enriquecimento intermitente de CO₂ e análise do acúmulo de massa seca e da partição de fotoassimilados em tomateiro. **Acta Agronómica**, cidade, v 58, n. 3, p. 133-139, 2009.

CALIMAN, F.R.B. et al. **Acidez, °Brix e 'sabor' de frutos de diferentes genótipos de tomateiro produzidos em ambiente protegido e no campo**. Disponível em:<<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/olfg4152c.pdf>>. Acesso em 23 abr. 2010.

CAÑIZARES, K.A.L.; RODRIGUES, J.D.; GOTO, R. Crescimento e índices de troca gasosa em plantas de pepino irrigadas com água enriquecida com CO₂. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 22, n. 4, p. x-x, out./dez., 2004.

CARARO, D.C. **Efeito de diferentes lâminas de água na presença e ausência de CO₂ injetado na água de irrigação sobre a cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado em estufa**. Piracicaba, 2000. 70 p. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CLAUSE VEGETABLE SEEDS. Disponível: <http://www.clause-vegseeds.com/uk/clause/brazil-135/produits/13-tomate/cli35t39619-alambra_f1.php>. Acesso 10 jun. 2010.

CARARO, D.C.; DUARTE, S.N. Injeção de CO₂ e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 20, 432-437 p., 2002.

CARDOSO, D.C. **Doses de CO₂ e de potássio aplicadas através da irrigação no meloeiro rendilhado (*Cucumis melo* L.) cultivado em ambiente protegido.** Piracicaba, 2002. 70 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CARNEIRO JUNIOR, A.G. **Teor de nutriente e produtividade em híbridos de tomateiro em função de doses de CO₂ aplicada via água de irrigação.** Botucatu, 2004. 78p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

CARVALHO, L.A. de; NETO, J.T.; ARRUDA, M.C.de; JACOMINO, Â.P.; MELO, P.C.T. Caracterização físico-química de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v 11, n. 3, p. 295-298, jul-set, 2005.

CRAMER, M.D.; OBERHOLZER, J.A.; COMBRINK, N.J.J. The effect of supplementation of root zone dissolved inorganic carbon fruit yield and quality of tomatoes (cv. “Daniella”) grown with salinity. **Scientia Horticulturae**, v 89, n. 4, p. 269-289, 2001.

CRAMER, M.D.; LIPS, S.H. Enriched rhizosphere CO₂ concentrations can ameliorate the influence of salinity on hydronically grown tomato plants. **Physiologia Plantarum**, v 94, n. 3, p. 425-432, 1995.

CUARTERO, J.; FERNANDEZ-MUÑOS, R; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J.J. Estresses abióticos. In: NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. Madrid: Mundi-Prensa, p. 352-282, 1995.

D'ANDRIA, R; NOVERO, R; SMITH, DH; SHANAHAN, JF; MOORE, FD. Drip irrigation of tomato using carbonated water and mulch in Colorado. **Acta Hortic.**, v 44, p.179-85, 1990.

D'ALBUQUERQUE JÚNIOR, B.S. **Efeito da aplicação de CO₂ via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do melão (*Cucumis melo* L. var. *Reticulatus*) cultivado em ambiente protegido.** Piracicaba, 2003. 65 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo.

D'ALBUQUERQUE JR, B.S.; FRIZZONE, J.; DUARTE, S.N.; MINGOTI, R.; DIAS, N.da S.; SOUSA, V.F. de Qualidade física e química de frutos de meloeiro rendilhado cultivado sob diferentes épocas de aplicação de CO₂ via água de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v 12, n. 3, p. 273-280, jul./set., 2007.

DURÃO, P.L.; GALVÃO, A.C. Gás carbônico em irrigação: tecnologia de ponta para aumentar a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v 19, p. 63-69, 1995.

ENOCH, H.Z.; OLESEN, J.M. Tanley Review. Plant response to irrigation with water enrichment with carbon dioxide. **New Phytology**, v. 125, n. 54, p. 249-258, 1993.

FILGUEIRA, F.A.R. Solanáceas II. Tomate: a hortaliça cosmopolita. IN: FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção de hortaliças**. Viçosa, UFV, 2. ed. ampliada, 2003.

FÔNSECA, T.G. **Produção de mudas de hortaliças em substrato de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. Piracicaba, 2001. p. 70. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.; DANTAS, J.P. Qualidade do tomate em Função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 24, n. 2, pp. 141-145. 2006.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió: EDFAL. P. 422, 2000.

FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S.de; LAZZARI, E.N. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. **Ciência Rural**, v 34, n.1, p. 329-335, 2004.

FRIZZONE, J.; CARDOSO, S.daS.; RESENDE, R. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em ambiente protegido com aplicação de dióxido de carbono e de potássio via água de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v 27, n. 4, p.707-717, out./dec., 2005a.

FRIZZONE, J.A.; D'ALBUQUERQUE JÚNIOR, B.S.; RESENDE, R. Aplicação de dióxido de carbono via água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do meloeiro cultivado em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v 27, n. 4, p. 667-675, oct./dec., 2005b.

FURLAN, R.A.; ALVES, D.R.B.; FOLEGATTI, M.V.; BOTREL, T.A.; MINAMI, K. Dióxido de carbono aplicado via água de irrigação na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 19, n.1, p. 547-550, mar., 2001.

FURLAN, R.A.; REZENDE, F.C.; ALVES, D.R.B.; FOLEGATTI, M.V. Lâmina de irrigação e aplicação de CO₂ na produção de pimentão cv. Mayata, em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 20, n.4, p. x-x, dez., 2002.

GAO, Z.F.; LIPS, S.H. Effects of increasing inorganic carbon supply to roots on net nitrate uptake and assimilation in tomato seedlings. **Physiology Plantarum**, v 101, p. 206-212, 1997.

GHANNOUM, O.; CAEMMERER, S.V.; BARLOW, E.W.R.; CONROY, J.P. The effect of CO₂ enrichment and irradiance on the growth, morphology and gas exchange of a C₃ (*Panicum laxum*) and a C₄ (*Panicum antidotade*) grass. **Australian Journal of Plant Physiology**, v 24, n. 2, p. 227-237, 1997.

GIORDANO, L.deB.; RIBEIRO, C.S.daC. Origem, botânica e composição química do fruto. IN: SILVA, J.B.C.da; GIORDANO, L.deB. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia/Hortaliças, 168 p., 2000.

GIORDANO, L.B.; BOITEUX, L.S.; FONSECA, M.E.M; MELO, P.C.T.; NASCIMENTO, W.M. San Vito: A nova geração de tomate ricos em alimentos funcionais. **Revista Campo & negócios HF**, Uberlândia, v 10, n. 1, p. 8-9, 2006.

GIL; M.I.; CONESSA, M.A.; ARTÉS F. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology** 25: 199-207, 2002.

GOMES, L.A.A.; SILVA, E.C.da; FAQUIM, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, A.C.; ALVAREZ; V.H. (ed). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: 5ª Aproximação. 359p., 1999.

GOMES, T.M.; MODOLO, V.A.; BOTREL, T.A.; OLIVEIRA, R.F. de Aplicação de doses de CO₂ via água de irrigação na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 23. n. 2, p. 316-319, abr./jun., 2005.

GOULD, W. A. Tomato production, processing and quality evaluation. **Westport**: The AVI, p. 445, 1974.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P.S.Rde; GUIMARAES, A.deM. Desempenho de híbridos de tomateiro para mesa em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, . 25, n. 2, jun. 2007.

HARTZ, T.K.; HOLT, D.B. Root-zone carbon dioxide enrichment in field does not improve tomato or cucumber yield. **HortScience**, Alexandria, v 26, n. 11, p.1423, 1991.

HOBSON, G.E.; DAVIES, J.N. The tomato. In: HULME, A.C. (Ed.) **The Biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, v 2, p.437-475, 1971.

IBGE, 2008. Disponível em <www.sidra.ibge.com.br> Acesso 05/05/2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Coord. ZENEBO, Odair; PASCUET, Neus Sadocco; TIGLEA, Paulo. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p. 2008.

ISLAM, S; MATSUI, T.; YOSHIDA, Y. Effect of carbon dioxide enrichment on physicochemical and enzymatic changes in tomato fruits at various stages of maturity. **Scientia Horticulturae**, v 65, n. 2/3, p. 137-148, 1996.

JONES JR, JB. 1998. Tomato plant culture - in the field, greenhouse, and home garden. New York: CRC Press, p. 199.

KADER, A. A.; MORRIS, L. L.; STEVENS, M. A.; ALBRIGHT-HOLTON, M. Composition and flavour quality of fresh market tomatoes as influenced by some post harvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v 113, n. 5, p. 742-745, 1978.

KANO, Cristiano. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com adição de potássio e CO₂**. Piracicaba, 2002. p. 102. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

KIMATI, H. (ed.) *et al.* **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres:4 ed. v 3, 2004.

LIMA, W.deP.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of Eucalyptus species to elevated CO₂ concentration and drought stress. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v 60, n. 2, p. 231-238, 2003.

MACHADO, E.C.; TAKANE, R.J.; FERRO, R. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em agricultura. IN: FOLEGATTI, Marcos Vinícios (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, p. 345-353. 1999.

MAUNEY, J.R.; HENDRIX, D.L. Responses of glasshouse grown cotton to irrigation with carbon dioxide-saturated water. **Crop Science**, v 28, n. 5, p. 835-838, 1988.

MENCARELLI, F.; SALVEIT JR., M. E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v 113, n. 5, p. 745, 1988.

MITCHELL, J. P.; SHENNAN, C.; GRATTAN, S.R.; MAY, D.M. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v 116, n. 2, p. 215-221, 1991.

MODOLO, V.A.; Gomes, T.M.; BOTREL, T.A. DELGADO-ROJAS, J.S. . Avaliação econômica da produtividade de alface sob aplicação de CO₂ via água de irrigação. In: 45 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza. **Anais**. Revista Horticultura Brasileira. Brasília: Associações Brasileiras de Horticultura, 2005, v 23, p 1-4.

MOORE, F. D. Potential for irrigation with carbon dioxide. **Acta horticulturae**, The Hague, n. 278, p. 171-178, 1990.

MOORE, F.D. Potential tomato response to carbonated water application. **Agronomy Journal**, Colorado, n. 278, p. 168-175, 1991.

MORISON, J.I.L.; GIFFORD, R.M. Plant growth and water use with limited water supply in high CO₂ concentrations. I. Leaf area, water use in transpiration. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v 11, n. 5, p. 361-374, 1984.

MORTENSEN, L.M. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. **Scientia horticulturae**, v 33, p. 1-25, 1987.

NIISEN, S.; HOVLAND, k.; DONS, C.; SLETTEN, S.P. Effect of CO₂ enrichment on photosynthesis, growth and yield of tomato. **Science Horticulturae**, v 20, p. 1-14, 1983.

NOVERO, R.; SMITH, D.H.; MOORE, F.D.; SHANAHAN, J.F.; D'ANDRIA, R. Fiel-grown tomato response to carbonated water application. **Agronomy Journal**, Madison, v 5, n. 83, p. 911-916, 1991.

PAULA, F.L.M. de. **Aplicação de CO₂ via água de irrigação na pimenta Tabasco cultivada em ambiente protegido**. Piracicaba, 2008, p. 133. Tese (Doutora em

Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PINTO, J.M.; BOTREL, T.A.; MACHADO, E.C. Uso de dióxido de carbono na agricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v 30, n. 4, p. 919-925, 2000.

PINTO, J.M.; BOTREL, T.A.; MACHADO, E.C.; FEITOSA FILHO, J.C. Aplicação de CO₂ via água de irrigação em relação à produtividade do meloeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v 58, n. 1, jan./mar., p. 27-31, 2001.

REZENDE, F.C.; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; PERREIRA, A.S. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. I. Crescimento Vegetativo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v 24, n. 5, p. 1517-1526, 2002.

REZENDE, F.C.; FRIZZONE, J.A.; PEREIRA, A.S. Plantas de pimentão cultivadas em ambiente enriquecido com CO₂. III. Características dos frutos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v 24, n. 5, p. 1535-1540, 2002.

REZENDE, F.C.; FRIZZONE, J.A.; OLIVEIRA, R.F. de; PEREIRA, A.S. CO₂ and irrigation in relation to yield and water use of the Bell peppe crop. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v 60, n. 1, p. 7-12, jan./fev., 2003.

ROBLES, W.G.R. **Dióxido de carbono via fertirrigação em batateira (*Solanum tuberosum* L.) sob condição de campo**. Piracicaba, 2003, 160p. Tese (Doutor em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SAKATA SEED SUDAMERICA LTDA. Catálogo produtos. Disponível: <<http://www.sakata.com.br/index.php?action=catalogo>>. Acesso em 30 mai 2010.

SASAKI, J.L.S.; SENO S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve-flor, pimentão e tomate). In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. (Coord.) **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, p. 331-343, 1994.

SCHAFFER, B. *et al.* Atmospheric CO₂ enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry-matter partitioning in subtropical and tropical fruit crops. **HortScience**, Alexandria, v 34, n. 6, p. 1033-1037, 1999.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: A fasciante arte de híbrido com os plásticos**. Livraria e Editora Agropecuária, 1997.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (orgs.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças. 168p., 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3^a ed. Porto Alegre: Artemed, 719p. 2004.

TAKAHASHI, H.W. Nutrição e adubação de tomateiro estaqueado. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Potafos, p. 301-322, 1993.

TAMAGI, J.T.; VILAS BOAS, M.A.; SAMPAIO, S.C.; DAMASCENO, S.; GUIMARÃES, V.F. Efeito do CO₂ aplicado via água de irrigação sobre a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Irriga**, Botucatu, v 12, n. 4, p. 492-504, out./dec., 2007.

WINSOR, G.W.; DAVIES, J.N.; MASSEY, D.M. Composition of tomato fruit. III. Juices from whole fruit and locules at different stages of ripeness. **Journal of Science, Food and Agriculture**, v13, p.108-115, 1962.

ZISKA, L.H.; GHANNOUM, O.; BAKER, J.T.; CONROY, J.; BUNCE, J.A.; KOBAYASHI, K.; OKADA, M.A. Global perspective of ground level, 'ambient' carbon dioxide for assessing the response of plants to atmospheric CO₂. **Global Change Biology**, v 7, p. 789-796, 2001.