

PAULA CRISTINA CARVALHO LIMA

FISIOLOGIA DO ESTRESSE EM PIMENTEIRAS
Capsicum annuum L. ORNAMENTAIS

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fisiologia Vegetal, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

L732f
2015
Lima, Paula Cristina Carvalho, 1991-
Fisiologia do estresse em pimenteiras *Capsicum annuum* L.
ornamentais / Paula Cristina Carvalho Lima. – Viçosa, MG,
2015.
xi, 68f. ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Capsicum annuum*. 2. Plantas - Efeito da temperatura. 3.
Plantas - Efeito do etileno. 4. Plantas - Consumo hídrico.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia.
Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal. II. Título.


CDD 22. ed. 583.952

PAULA CRISTINA CARVALHO LIMA

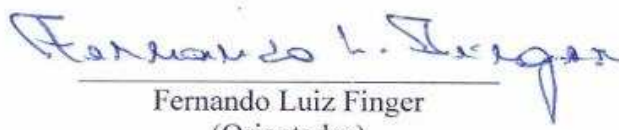
FISIOLOGIA DO ESTRESSE EM PIMENTEIRAS
Capsicum annuum L. ORNAMENTAIS

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fisiologia Vegetal, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2015.


Teresa Drummond Correia Mendes


Vicente Wagner Dias Casali


Fernando Luiz Finger
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Em um pedaço de História, onde as palavras e atitudes tomam-se em seus respectivos significados, há com certeza algo ou alguém que mereça tais agradecimentos. Não há efetivamente palavras para tal gesto, porém gostaria de agradecer a todos não especificamente, mas de maneira abrangente, prezando todos àqueles que colaboraram direta ou indiretamente para a minha formação devido a um conjunto de atitudes e ensinamentos que pude assimilar não somente para o meio acadêmico, como também para a minha vida em vários setores.

De maneira geral agradeço a Deus, por todo o apoio concedido durante minha vida, onde a fé na sua existência alimenta a chama da minha vida.

Também agradeço à minha família, principalmente a minha irmã e meu pai por sempre me apoiarem. À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Biologia Vegetal e ao programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, pela oportunidade da realização do mestrado. À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço também ao professor Fernando Finger pela orientação, aos técnicos e ao pessoal do laboratório de pós-colheita do Departamento de Fitotecnia, principalmente as pessoas que me ajudaram a desenvolver este trabalho Leandro Elias, Lucas, Wellington, James, além dos amigos conquistados Milena, Renan, Carla e Vitor, que sempre me apoiaram.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	v
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	01
1.1 Plantas ornamentais: produção e comercialização.....	01
1.2 Pimenteira ornamental: alternativa rentável no mercado de plantas ornamentais envasadas.....	01
1.3 Efeito do etileno nas plantas ornamentais.....	02
1.4 Aprimoramento de atributos comercialmente desejáveis das plantas com o uso de inibidores da ação do etileno.....	03
1.5 Conservação das plantas com o uso do tiosulfato de prata (STS).....	03
1.6 Conservação das plantas com o uso do 1-metilciclopropeno (1-MCP).....	04
1.7 A influência de condições de estresses na comercialização de plantas ornamentais.....	04
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	06
CAPÍTULO I.....	09
AÇÃO DO ETILENO, 1-MCP E STS EM TRÊS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS.....	09
1. INTRODUÇÃO.....	09
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4. CONCLUSÕES.....	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
CAPÍTULO II.....	36
EFEITO TÉRMICO E DO ESTRESSE HÍDRICO NA PÓS-PRODUÇÃO DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS.....	36
1. INTRODUÇÃO.....	36

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4. CONCLUSÕES.....	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
CONCLUSÕES GERAIS.....	68

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - IFLV (teores de flavonoides), ICHL (teores de clorofilas totais) e IBN (índice de balanço de nitrogênio) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).....45
- Tabela 2** – Abscisão de folhas, frutos e flores de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).....47

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1**- Porcentagem de abscisão foliar em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1-MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas.....15
- Figura 2**- Teores de flavonoides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de clorofilas totais ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas.....16
- Figura 3** - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘Calypso’ no estágio de mudas, após a aplicação dos tratamentos.....17
- Figura 4** - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘MG 302’ no estágio de mudas, após a aplicação dos tratamentos.....18
- Figura 5**- Porcentagens de abscisão foliar e de flores em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas.....20
- Figura 6**- Teores de flavonoides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de clorofilas totais ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas.....21
- Figura 7** - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘Calypso’ no estágio de início da floração, após a aplicação dos tratamentos.....22
- Figura 8** - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘MG 302’ no estágio de início da floração, após a aplicação dos tratamentos.....23

Figura 9- Porcentagens de abscisão foliar e de frutos em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas.....	25
Figura 10- Teores de flavonoides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de clorofilas totais ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas.....	27
Figura 11 - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘Calypso’ no estágio de comercialização, após a aplicação dos tratamentos.....	28
Figura 12 - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘MG 302’ no estágio de comercialização, após a aplicação dos tratamentos.....	29
Figura 13 - Aparência de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5°C), alta temperatura (35°C), baixa temperatura com estresse hídrico (5°C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35°C EH).....	47
Figura 14 - Açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5°C), alta temperatura (35°C), baixa temperatura com estresse hídrico (5°C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35°C EH).....	49
Figura 15 - Extravasamento de eletrólitos e quantificação de MDA (malonaldeído) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5°C), alta temperatura (35°C), baixa temperatura com estresse hídrico (5°C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35°C EH).....	50
Figura 16 - Teores de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e totais e razão clorofila <i>a/b</i> de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5°C), alta temperatura (35°C), baixa temperatura com estresse hídrico (5°C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35°C EH).....	52
Figura 17- Teores de carotenoides de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5°C), alta temperatura (35°C), baixa temperatura com estresse hídrico (5°C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35°C EH).....	53
Figura 18 - <i>A</i> (taxa de fotossíntese líquida), <i>g_s</i> (condutância estomática) e <i>E</i> (taxa de transpiração) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5°C), alta temperatura (35°C), baixa temperatura com estresse hídrico (5°C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35°C EH).....	55
Figura 19 - <i>C_i</i> (concentração de CO_2 nos espaços intercelulares) e <i>C_i/C_a</i> (razão entre concentração de CO_2 nos espaços intercelulares e no ambiente) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5°C), alta temperatura (35°C), baixa temperatura com estresse hídrico (5°C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35°C EH).....	56

Figura 20 - F_v/F_M (rendimento quântico máximo do PSII) de plantas da variedade 'MG 302', antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).....57

Figura 21 - Ψ_w (potencial hídrico - Mpa) de plantas da variedade 'MG 302', antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).....58

RESUMO

LIMA, Paula Cristina Carvalho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Fisiologia do estresse em pimenteiras *Capsicum annuum* L. ornamentais.** Orientador: Fernando Luiz Finger.

A resposta e a sensibilidade ao etileno são dependentes do estágio de desenvolvimento, da variedade e da percepção por parte do órgão da planta. O valor e a aceitabilidade dos vasos de plantas ornamentais dependem, principalmente, da longevidade na fase de pós-produção que é influenciada por tratamentos de pré e pós-colheita e das condições ambientais. O objetivo foi avaliar os fatores que afetam a qualidade durante o desenvolvimento e na fase de pós-produção de pimenteiras ornamentais da espécie *Capsicum annuum* L. cultivadas em vaso. Foram estudados os efeitos da exposição ao etileno e a eficiência do uso de inibidores da ação do etileno (1-MCP e do STS) em minimizar os efeitos produzidos pelos estresses em três estádios de desenvolvimento e sobre a longevidade das pimenteiras, variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’. Foram avaliados os efeitos da baixa e da alta temperatura e do estresse hídrico na adequação comercial das plantas durante a pós-produção da variedade ‘MG 302’. Quanto aos níveis de sensibilidade ao etileno, a variedade ‘Calypso’ é altamente sensível e na variedade ‘MG 302’ foi intermediária. O tratamento mais eficiente em retardar a ação do etileno nas fases de desenvolvimento estudadas foi a pulverização com 2 mmol de tiosulfato de prata (STS), que não apresentou abscisão foliar durante 36 dias após a aplicação do tratamento na fase de mudas, em ambas as variedades. O tratamento com STS + Etileno foi eficiente apenas na fase de mudas na variedade ‘Calypso’ e na fase de início de floração na variedade ‘MG 302’, quanto às demais fases de desenvolvimento causou fitotoxidez. Os tratamentos com 1 $\mu\text{L L}^{-1}$ de 1-metilciclopropeno (1-MCP) e 1-MCP + Etileno foram mais eficientes na variedade ‘MG 302’ nas três fases de desenvolvimento estudadas. Na fase de pós-produção da ‘MG 302’ foram aplicados os seguintes tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH). Houve decréscimo dos teores de clorofilas totais (ICHL) e índice de balanço de nitrogênio (IBN) no controle e no tratamento 5° C. As porcentagens de abscisão de folhas, flores e frutos aumentaram significativamente após os tratamentos 5° C EH e 35° C EH. Houve maior acúmulo de carboidratos (açúcares

solúveis totais, açúcares redutores e açúcares não redutores) após o tratamento 35° C EH. O conteúdo de amido decresceu em todos os tratamentos estudados. Os danos celulares avaliados pelo extravasamento de eletrólitos e quantificação de malonaldeído (MDA) foram mais expressivos nos tratamentos 35° C, 5° C EH e 35° C EH. Em relação aos pigmentos, houve pequeno aumento na concentração de clorofila *a* e totais nos tratamentos 35° C e 35° C EH. No tratamento 35° C EH ocorreu expressivo aumento de carotenoides. A fotossíntese, condutância estomática, transpiração e potencial hídrico (Ψ_w) diminuíram significativamente nos tratamentos com estresse hídrico, enquanto nesses mesmos tratamentos houve aumento da concentração interna de CO₂ e razão *Ci/Ca*. O Tratamento 35° C EH causou menor eficiência fotoquímica do fotossistema II (Fv/Fm).

ABSTRACT

LIMA, Paula Cristina Carvalho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2015. **Stress Physiology in pepper *Capsicum annuum* L. ornamentals.** Adviser: Fernando Luiz Finger.

The response and sensitivity to ethylene are dependent on the stage of development, variety and perceived by the plant organ. The value and the acceptability of potted plants depend mainly on longevity in the post-production stage which is influenced by pre and post-harvest treatments and environmental conditions. The objective was to evaluate the factors that affect the quality during development and in the post-production of ornamental pepper species *Capsicum annuum* L. cultivated in pots. The effects of exposure to ethylene and the efficiency of the use of ethylene action inhibitors (1-MCP and STS) have been studied to minimize the effects produced by the stresses in three stages of development and longevity of the pepper varieties 'Calypso' and 'MG 302'. Were evaluated the effects of low and high temperature and water stress in merchantability of plants during the post-production of the variety 'MG 302'. As for the ethylene sensitivity levels, the variety 'Calypso' is highly sensitive and variety 'MG 302' was intermediate. The most effective treatment to slow the action of ethylene on developmental stages studied was spraying with 2 mmol of silver thiosulfate (STS), who failed to submit leaf abscission for 36 days after treatment application in the initial growth period, in both varieties. Treatment with STS + Ethylene was effective only in the initial growth period in the variety 'Calypso' and flowering early stage in the variety 'MG 302', for the other development stages caused phytotoxicity. Treatment with 1 $\mu\text{L L}^{-1}$ of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and 1-MCP + ethylene were more effective in the variety 'MG 302' in the three development stages studied. In the post-production of 'MG 302' the following treatments were applied: control, low temperature (5° C), high temperature (35° C), low temperature with water stress (5° C EH) and high temperature with stress water (35° C EH). There was decrease in total chlorophyll contents (ICHL) and nitrogen balance index (NBI) in the control and treatment 5° C. The leaves, flowers and fruits abscission percentages increased significantly after treatments 5° C EH and 35° C EH. There was higher accumulation of carbohydrates (soluble sugars, reducing sugars and non-reducing sugars) in the treatment 35° C EH. The starch content decreases in all treatments. Cellular damage evaluated by

electrolyte leakage and quantification of malondialdehyde (MDA) were more expressive in treatments 35° C, 5° C EH and 35° C EH. Regarding the pigments, there was a slight increase in the *a* and total chlorophyll concentration in the treatments 35° C and 35° C EH. In the treatment 35° C EH occurred significant increase of carotenoids. Regarding the pigment, there was a small increase in the *a* and total chlorophyll concentration in the treatments 35° C and 35° C EH. In addition to the treatment 35° C EH showed a high accumulation of carotenoids. Photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and water potential (Ψ_w) decreased significantly in the treatments with water stress, while these same treatments were increased internal CO₂ concentration and *Ci/Ca*. The treatment 35° C EH showed lower photochemical efficiency of photosystem II (Fv/Fm).

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Plantas ornamentais: produção e comercialização

A floricultura abrange o cultivo de flores e plantas ornamentais com variados fins, que incluem desde a cultura de flores para corte, plantas envasadas, até a produção de mudas arbóreas. As condições de produção do Brasil, dotado de diversidade de solo e clima, permitem o cultivo de grande número de espécies e conferem aos produtos brasileiros oportunidades de abrirem espaços e de firmarem no mercado internacional (CANÇADO *et al.*, 2005).

Desde 2006 o segmento de flores tem registrado altas de 5 a 8% em volume e de 4 a 7% em valor, sendo que os maiores centros produtores são os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais e a região nordeste do Brasil (INFORMATIVO IBRAFLOR, 2015). A cadeia produtiva de plantas ornamentais no Brasil movimentou, no ano de 2013, o valor global de R\$ 5,22 bilhões, acumulando crescimento de 8,3% sobre os resultados obtidos no ano de 2012. Para 2014, as estimativas apontam para um total de R\$ 5,64 bilhões (JUNQUEIRA e PEETZ, 2014).

Entretanto, ainda há sérios entraves que afetam a qualidade e a vida útil de plantas ornamentais em vaso, ou seja, a fase pós-produção dessas plantas, como a sensibilidade da cultivar ao etileno (HOYER, 1996) e o transporte, que são os principais fatores que influenciam na qualidade e longevidade das plantas. É sabido que no Brasil as condições de transporte de produtos hortícolas e plantas ornamentais em geral são precárias, além disso, o tempo médio de transporte, das principais regiões produtoras, via terrestre, para abastecimento de estados como Pará, Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Piauí, pode durar 36 a 48 horas (JUNQUEIRA e PEETZ, 2002).

1.2 Pimenteira ornamental: alternativa rentável no mercado de plantas ornamentais envasadas

Dentre as plantas ornamentais cultivadas em vaso, as pimentas são destaque pela crescente e contínua aceitação do mercado consumidor (UPNMOOR, 2003). Em princípio, qualquer espécie de pimenta poderia ser utilizada como planta ornamental, porém as de menor porte, com frutos coloridos, eretos e vistosos são as mais

indicadas ao plantio em vasos, devidos às qualidades estéticas, principalmente da decoração de ambientes internos (VIEIRA, 2002).

As pimenteiras ornamentais cultivadas em vaso ou em jardins são amplamente comercializadas e disponíveis durante todo o ano no Brasil (RÊGO *et al.*, 2010). As espécies do gênero *Capsicum* possuem grande variabilidade genética sendo empregadas com diferentes fins pelo excelente potencial para a comercialização como planta ornamental de vaso. As folhas apresentam dimensões, colorações e formatos variáveis e os frutos são destaque pelas múltiplas formas, dimensões, colorações e pungências, além da fácil propagação por sementes, tempo relativamente curto de germinação, tolerância ao calor e harmonia de vaso, que contribuem no sucesso da utilização destas plantas como ornamentais (STOMMEL e BOSLAND, 2006).

1.3 Efeito do etileno nas plantas ornamentais

O etileno, hormônio vegetal quimicamente simples, é gasoso, provoca grande variedade de respostas fisiológicas e morfológicas em plantas, como a inibição da expansão celular, promoção da senescência em folhas e flores, a indução da maturação, abscisão de frutos, e resistência a ataque de patógenos e insetos (BLEECKER e KENDE, 2000; AN *et al.*, 2010). Geralmente a taxa de produção de etileno, pelas células, aumenta com a maturação, as injúrias físicas, a incidência de doenças, o aumento da temperatura até 35° C, e pelo estresse hídrico (KADER, 1992).

Vários estresses bióticos e abióticos (incluindo inundações, danos mecânicos, danos causados por agentes patogênicos, deficiência hídrica ou a seca, toxicidade mineral, e salinidade) podem aumentar os níveis endógenos de etileno, o que pode agravar os efeitos do estresse (MAYAK *et al.*, 2004 ; SIDDIKKEE *et al.*, 2011). A resposta e a sensibilidade ao etileno são dependentes do estágio de desenvolvimento, da variedade e da percepção via órgão da planta (CIARDI e KLEE, 2001; JONES *et al.*, 2001). Há relação direta entre idade da planta e sensibilidade ao etileno, pois quanto mais senescente o tecido, menores são as concentrações de etileno necessárias para desencadear o processo de senescência (SAKAMOTO *et al.*, 2008).

1.4 Aprimoramento de atributos comercialmente desejáveis das plantas com o uso de inibidores da ação do etileno

Segundo os critérios de classificação de pimenteira ornamental (IBRAFLOR, 2015), na pimenteira ornamental deve haver cobertura total do vaso (enfolhamento) com hastes firmes e boa sustentação com o objetivo de alcançar classificação desejável. Lotes de plantas sem essas características são devolvidos ao fornecedor. Nas pimenteiras ornamentais, são poucos os estudos a respeito dos fatores pós-produção que afetam a qualidade e durabilidade comercial durante o transporte, em ambientes de baixa luminosidade, quanto à sensibilidade ao etileno e ação de anti-etilenos no aumento da longevidade em vaso (SEGATTO *et al.*, 2013).

Mesmo quando presente em quantidades altamente diluídas, o etileno pode ter efeitos prejudiciais (NOWAK *et al.*, 1991). Faraguer *et al.* (2002), estima que os efeitos deletérios do etileno sejam responsáveis por 30% das perdas na floricultura. Dentre as formas de controle dos efeitos do etileno, a utilização de inibidores de ação aplicados em flores, geralmente são mais eficazes comparados aos inibidores da síntese, pois bloqueia o efeito do etileno da atmosfera de armazenamento, durante o transporte e a comercialização do produto (PORAT *et al.*, 1995).

1.5 Conservação das plantas com o uso do tiosulfato de prata (STS)

Íons de prata são potentes inibidores da atividade de etileno porque competem pelos sítios de ligação nos receptores de etileno localizados na membrana (KUMAR *et al.*, 2009). A forma preferencial de utilização da prata é como tiosulfato de prata (STS) - $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{-3}$ por ser mais móvel e menos fitotóxica que o nitrato de prata (AgNO_3) (VAN ALTVORST e BOVY, 1995), porém a fitotoxicidade provocada pelo íon prata e a concentração a ser utilizada varia com a espécie da flor (CAMERON e REID, 1981; REID *et al.*, 1980).

Apesar de o STS ser efetivo em bloquear a ação do etileno, seu efeito sobre o ambiente tem sido criticado por ambientalistas, principalmente pela permanência do cátion prata no solo e nas águas subterrâneas por períodos prolongados, podendo passar ao sistema de água potável e finalmente ser absorvido pelos seres humanos (NELL e HOYER, 1995).

1.6 Conservação das plantas com o uso do 1-metilciclopropeno (1-MCP)

O 1-metilciclopropeno (1-MCP ou C₄H₆), gás que compete com o etileno pelos sítios de ligação nos receptores das membranas, pode retardar ou inibir o processo de senescência dos tecidos vegetais e, assim, reduzir a ocorrência de podridões durante o armazenamento (TERÃO e SILVA, 2006). É usado como regulador vegetal, patenteado em 1996, foi liberado em 1999 com denominação comercial de EthylBloc® visando uso em plantas ornamentais (CHITARRA e CHITARRA, 2005). O 1-MCP possui afinidade 10 vezes maior que o etileno pelo sítio receptor, permanecendo ligado ao receptor por longos períodos (BLANKENSHIP e DOLE, 2003).

Segundo Blankenship e Dole (2003), vários fatores devem ser considerados quando é utilizado o 1-MCP, por exemplo: concentração do gás necessária para saturar os receptores e competir com o etileno, tempo de aplicação até que o produto penetre nos tecidos, temperatura ideal, cultivar e estágio de desenvolvimento da espécie. Dentre as respostas esperadas da aplicação do 1-MCP estão a preservação da qualidade e durabilidade das plantas, a prevenção da degradação da clorofila e redução da atividade da peroxidase e da clorofilase (CHEN *et al.*, 2008).

Testes em grande variedade de produtos hortícolas mostram que o 1-MCP pode influenciar a respiração, produção de etileno, degradação de clorofila e outros pigmentos, conteúdo de carboidratos, entre outros fatores (BLANKENSHIP e DOLE, 2003). O 1-MCP é a melhor alternativa ao tratamento comercial de flores de corte e de plantas envasadas, com a vantagem de não produzir riscos potencialmente altos ao ambiente (HEW e YONG, 2004), pelo uso da prata.

1.7 A influência de condições de estresses na comercialização das plantas ornamentais

As plantas cultivadas e comercializadas em vaso, assim como flores cortadas, necessitam de cuidados especiais objetivando maior durabilidade durante a comercialização (BARBOSA *et al.*, 2005). Muitos são os tipos de estresses que os vegetais podem enfrentar como: oscilações drásticas de temperatura, umidade, radiação solar, ataque de pestes ou patógenos, dentre outros. As plantas alteraram a constituição de compostos moleculares, como mecanismo de resposta e muito dos efeitos podem estar diretamente relacionados com defesa e proteção das plantas (SHEWRY e LUCAS, 1997; De WIT, 2007).

Em vista dos entraves na fase de pós-produção das pimenteiros ornamentais, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os fatores que afetam a qualidade pós-produção e o desenvolvimento em cultivares de pimenteira ornamental da espécie *Capsicum annuum* L. cultivadas em vaso. Foram avaliados os efeitos da exposição ao etileno e a eficiência do uso de inibidores da ação do etileno (1-MCP e do STS) em minimizar os efeitos produzidos pelos estresses em três estádios do desenvolvimento vegetal e sobre a longevidade das plantas. Além de determinar os efeitos de extremos de temperatura, e do estresse hídrico na qualidade comercial das plantas na pós-produção.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AN, F.; ZHAO, Q.; JI, Y.; LI, W.; JIANG, Z.; YU, X.; ZHANG, C.; HAN, Y.; HE, W.; LIU, Y.; ZHANG, S.; ECKER, J. R.; GUO, H. Ethylene-induced stabilization of ethylene INSENSITIVE 3 and EIN 3-LIKE1 is mediated by proteasomal degradation of EIN3 binding F-box 1 and 2 that requires EIN2 in Arabidopsis. **PlantCell**, Waterbury, v.22, p. 2.384-2.401, 2010.
- BARBOSA, J. G.; TAVARES, A. R. R.; FINGER, F. L.; LEITE, R. A. Vida de prateleira de mini crisântemos em vaso tratados com o Tiosulfato de Prata. **Bragantia**, Campinas, n.4, p.673-678, 2005.
- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.1-25, 2003.
- BLEECKER, A. B.; KENDE, H. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, v.16, p.1-18, 2000.
- CAMERON, A. C.; REID, M. S. The use of silver thiosulfate anionic complex as a foliar spray to prevent flower abscission of zygocactus. **HortScience**, Alexandria, v.16, n.4, p.761-762, 1981.
- CANÇADO, J. F.; PAIVA, B. M. de; ESTANISLAU, M. L. L. Perspectivas para exportação de flores e plantas ornamentais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.26, n.227, p.6-102, 2005.
- CHEN, Y.; CHEN, L. F. O.; SHAW, J. F. Senescence-associated genes in harvested broccoli florets. **Plant Science**, v.175, p.137-144, 2008.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. **Lavras: ESAL**, 2005. 785 p.
- CIARDI, J.; KLEE, H. Regulation of ethylene-mediated responses at the level of the receptor. **Annals of Botany**, London, v.88, p.813-822, 2001.
- De WIT, P. J. How plants recognize pathogens and defend themselves. **Cellular and Molecular Life Science**, v.64, n.21, p.2.726-2.732, 2007.
- FARAGHER, J.; SLATER, T.; JOYCE, D.; WILLIAMSON, V. Postharvest Handling of Australian Flowers-from Australian Native Plants and Related Species, a Practical Workbook. **Rural Industries Research and Development Corporation**, Australian, n. 02/021, 2002. 216p.
- HEW, C. S.; YONG, J. W. H. The Physiology of tropical orchids in relation to the industry. Singapore, New Jersey, **London: World Scientific Press**, 2004. 370 p.
- HOYER, L. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* 'Janne' is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. **Journal of Horticultural Science**, v.71, p.621-628, 1996.

- IBRAFLOR. **Crêterios de Classifica o de Pimenta Ornamental, Veiling@Holambra.** Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=112>>. Acesso em: 20 jan. 2015.
- INFORMATIVO IBRAFLOR. **Dados Gerais do Setor de Floricultura nos meses Novembro e Dezembro de 2014.** Ano 05, v.51. Disponível em <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=230>>. Acesso em: 20 jan. 2015.
- JONES, M. L.; KIM, E. S.; NEWMAN, S. E. Role of ethylene and 1-MCP in flower development and petal abscission in zonal geraniums. **HortScience**, Alexandria, v.36, n.7, p.1305-1309, 2001.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Os pólos de produ o de flores e plantas ornamentais do Brasil: uma análise do potencial exportador. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.8, n.1/2, p.25-47, 2002.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualiza es, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.20, n.2, p.115-120, 2014.
- KADER, A. A. **Post harvest technology of horticultural crops.** Oakland: University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, USA. Publication, 3311), 1992. 296 p.
- KUMAR, V.; PARVATAM, G.; RAVISHANKAR, G. A. AgNO₃ - a potential regulator of ethylene activity and plant growth modulator. **Electronic Journal Biotechnology**, v.12, p.1-15, 2009.
- MAYAK, S.; TIROSH, T.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 42, p.565-572, 2004.
- NELL, T. A.; HOYER, L. Terminology and conditions for evaluation of flowering potted plant longevity. **Acta Horticulturae**, v.405, p.28-32, 1995.
- NOWAK, J.; GOSZCZYNSKA, D. M.; RUDNICKI, R. M. Storage of cut flowers and ornamental plants: present status and future prospects. **Postharvest News and Information**. Skierniewice, v.2, n.4, p.255-260, 1991.
- PORAT, R.; HALEVY, A. H.; SEREK, M.; BOROCHOV, A. An increase in ethylenesensitivity following pollination is the initial event triggering an increase in ethyleneproduction and enhanced senescence of *Phalaenopsis* orchid flowers. **Physiologia Plantarum**, v.88, p.243-250, 1995.
- REID, M. S., FARNHAM, D. S.; MCENROE, E. P. Effect of silver thiosulfate and preservative solutions on the vase life of miniature carnations. **HortScience**, Alexandria, v.15, n.6, p.807-808, 1980.

- RÊGO, E. R.; FINGER, F. L.; RÊGO, M. M.; NASCIMENTO, N. F.; NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, R. M. C. Programa de melhoramento de pimenteiras ornamentais da Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.2.406-2.412, 2010.
- SAKAMOTO, M.; MUNEMURA, I.; TOMITA, R.; KOBAYASHI, K. Involvement of hydrogen peroxide in leaf abscission signaling, revealed by analysis with an in vitro abscission system in Capsicum plants. **Plant Journal**, v.56, p.13-27, 2008.
- SEGATTO, F. B.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; RÊGO, E. R.; PINTO, C. M. F. Effects of Ethylene on the Post-Production of Potted Ornamental Peppers (*Capsicum annuum* L.), **Acta Horticulturae**, v.1.000, p.217-222, 2013.
- SHEWRY, P. R.; LUCAS, J. A. Plant proteins that confer resistance to pests and pathogens advances in botanical research in incorporating advances. **Plant Pathology**, v.26, p.135-192, 1997.
- SIDDIKIE, M. A.; CHAUHAN, O. S.; TONGMIN, S. A. Regulation of ethylene biosynthesis under salt stress in Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase producing halotolerant bacteria. **Plant Growth Regulation**, v.10, p.1-8, 2011.
- STOMMEL, J. R., BOSLAND, P. W. Ornamental pepper, *Capsicum annuum*. In: Anderson, N. **Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and opportunities for the 21st Century**. Netherlands: Springer, 2006. p.561-599.
- TERÃO, D.; SILVA, E. de O. Controle alternativo com bloqueador de etileno. In: LIVEIRA, S. M. A; TERAÓ, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. H. (Org.). Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. 1^a ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2006. p.265-287.
- UPNMOOR, I. Cultivo de plantas ornamentais. **Ed. Agropecuária**, 2003. 59p.
- VAN ALTVORST, A. C.; BOVY, A.G. The role ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. **Plant Growth Regulation**, v.16, p.43-53, 1995.
- VIEIRA, M. A. **Uso de polímero hidroabsorvente: efeito sobre a qualidade de substratos hortícolas e crescimento de mudas de pimentão ornamental**. 2002. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, Rio Grande do Sul.

CAPÍTULO I

AÇÃO DO ETILENO, 1-MCP E STS EM TRÊS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

1. INTRODUÇÃO

Segundo Kiyuna *et al.* (2004), muito contribui com o desenvolvimento do setor de plantas ornamentais no país, o fato do Brasil possuir clima e solos diversificados, que possibilitam o cultivo de várias espécies de flores e plantas ornamentais, aumentando assim a diversidade de produtos disponíveis ao mercado consumidor. Entretanto, há sérios entraves que afetam a qualidade e a vida útil de plantas ornamentais em vaso, ou seja, a fase pós-produção dessas plantas, como a sensibilidade da cultivar ao etileno (HOYER, 1996).

Em muitas espécies ornamentais o etileno exerce importante função na aceleração da senescência, resultando na deterioração dos tecidos e consequente redução da vida pós-colheita. Dentre os possíveis fatores que contribuem com a indução da biossíntese do etileno, é destaque a mudança na receptividade do tecido ou na sensibilidade ao etileno (VAN ALTVORST e BOVY, 1995). Outro fator que interfere na qualidade e durabilidade comercial das plantas na fase de pós-produção é a intensidade de luz nos locais de venda, e na casa do consumidor final. Geralmente nesses locais de interior, as plantas ficam expostas a baixa intensidade luminosa, que variam geralmente, entre 8 a 15 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (GIBBS *et al.*, 1989). Estudos indicam que baixas intensidades luminosas podem diminuir a longevidade de flores (GIBBS *et al.*, 1989) e aumentar a abscisão de folhas e flores em plantas de *Capsicum annum* 'Janne' (HOYER, 1996).

A taxa de produção de etileno pelas plantas superiores varia entre os órgãos (WOLTERING *et al.*, 1994) e com os estádios de desenvolvimento (BROWN *et al.*, 1986). O etileno causa muitos efeitos adversos em plantas, como perda da cor verde, murchamento prematuro das flores (HARDENBURG *et al.*, 1988), abscisão de flores e folhas e aceleração da senescência (REID, 1985). Geralmente, a taxa de produção de etileno pelas células aumenta com a maturação, as injúrias físicas, a incidência de doenças, o aumento da temperatura e o estresse hídrico (ARGUESO *et al.*, 2007; ALMASI *et al.*, 2012). A maturidade das folhas influencia a sensibilidade ao etileno,

as mais senescentes geralmente tem abscisão primeiro do que as mais jovens quando em presença de etileno (DELA FUENTE e LEOPOLD, 1968).

Alguns genes que se relacionam diretamente com a abscisão têm mostrado aumentar a sua expressão após exposição ao etileno, incluindo os que se relacionam com a produção de poligalacturonases (KALAITZIS *et al.*, 1995; HONG *et al.*, 2000), celulases (McMANUS *et al.*, 1998; TRAINOTTI *et al.*, 1998; CLEMENTS e ATKINS, 2001), e receptores como as cinases (JINN *et al.*, 2000; De PAEPE *et al.*, 2004).

A utilização de compostos antietilenos pode influenciar na fase pós-colheita de plantas ornamentais, preservando a qualidade. O íon prata (Ag^+), aplicado na forma de tiosulfato de prata [$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$] - (STS), é potente inibidor da ação do etileno, provavelmente, por inibir a ação do etileno devido a competição por sítios de ligação dos receptores do hormônio, que estão localizados predominantemente nas membranas (CHI *et al.*, 1991). Em plantas ornamentais há preferências pelo uso de STS devido à boa mobilidade na planta apresentando menores problemas quanto à fitotoxidez (CAMPANHA, 1997), e possuir efeitos germicidas (FLORACK, 1996). OHKAWA (1999) analisou o efeito dos compostos de prata STS e AgNO_3 (nitrato de prata) sobre a conservação pós-colheita de rosas cv. 'Asami Red', e verificou aumento na vida de vaso e menor incidência de tombamento da haste.

Outro composto antietileno bastante utilizado para preservar a qualidade pós-colheita de plantas ornamentais é o 1-MCP (metilciclopropeno). Segundo Pereira e Beltran (2002), o 1-MCP tem potencial de se ligar aos receptores de etileno com a meia vida de difusão entre 7 e 12 dias, comparando com 2 a 10 minutos no caso do etileno. Onde sugerem que nesse tipo de difusão a ligação do 1-MCP ao receptor de etileno provavelmente é irreversível, porém, assim que o complexo receptor do 1-MCP é metabolizado ou novos receptores são gerados em altas temperaturas, o processo é revertido.

A concentração de 1-MCP que causa efeito no bloqueio da ação do etileno varia conforme a espécie, cultivar, estágio de maturação, temperatura de exposição (RUPASINGUE *et al.*, 2000), tempo de exposição e produção de novos receptores de etileno (WATKINS *et al.*, 2000).

Estudos mostram a eficiência do produto após a colheita de flores, como a aplicação de 500 ppb de 1-MCP em rosas de corte que prolongou a vida decorativa das hastes em até 19 dias (DE PIETRO *et al.*, 2010). Skog *et al.* (2001) observaram

que o tratamento com 1-MCP a $0,5 \text{ g m}^{-3}$, por seis horas, conservou a qualidade de rosas, esporinha, boca-de-leão, gipsofila, alstroemeria, lírios e poinsetias. Estudando concentrações de 1-MCP (0,25; 0,5; 1 e $2 \mu\text{L L}^{-1}$) na pós-colheita de flores, Ichimura *et al.* (2002) observaram que o tratamento com $1 \mu\text{L L}^{-1}$ duplicou a vida de vaso de cravos de corte, e prolongou significativamente a vida de vaso de *Delphinium* e de flores de ervilha doce.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da exposição ao etileno em duas variedades de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.) cultivadas em vaso e avaliar a eficiência do uso de inibidores da ação do etileno (1-MCP e do STS) em minimizar os efeitos produzidos por estresses aos quais as plantas foram submetidas em três estádios de desenvolvimento das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa/MG ($20^{\circ} 45' 20''$ S e $42^{\circ} 52' 40''$ W, 651 m de altitude) no período de novembro de 2013 a maio de 2014. Foram utilizadas sementes da espécie *Capsicum annuum* L., variedades 'Calypso' e 'MG 302', provenientes do Banco de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. As sementes germinaram em bandeja de PET (Poli Tereftalato de Etila) de 36 células contendo substrato comercial Bioplant[®]. Quando as plantas atingiram o estágio de três pares de folhas verdadeiras (aproximadamente 35 dias após a semeadura) foram transplantadas em vasos de 760 ml (com 10 cm de altura, 10 e 13 cm da base e da borda respectivamente), contendo substrato comercial, as plantas foram crescidas em casa de vegetação até atingirem o ponto de comercialização, ou seja, 30% de frutos maduros.

Foram praticados os tratos culturais: (i) remoção manual das plantas daninhas; (ii) adubação com 10 g de NPK 10-10-10 a cada 20 dias, não havendo adubação de fundação; (iii) fertirrigação mensal até o início da frutificação com, solução nutritiva contendo 150mg ml^{-1} /vaso/dia de adubo comercial Ouro Verde (15-15-20 NPK + Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn); (iv) do período de semeadura até o último dia do experimento, os substratos foram regados diariamente.

Cada variedade foi analisada em experimentos separados em três estádios de desenvolvimento: mudas, início da floração e estágio de comercialização (30% dos frutos maduros). As plantas foram levadas ao o laboratório de pós-colheita e permaneceram na sala para simulação de interiores (SSI), como exemplo de lojas, supermercados e casa do consumidor, a $25^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ C}$, com $8\text{-}10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ de luz branca fluorescente fornecida ao longo de aproximadamente 80 cm de comprimento por fonte, UR 60-65%. Os tratamentos em cada estágio foram:

I) Controle: as plantas foram mantidas na sala de simulação de interiores (SSI);

II) 48 horas de exposição ao etileno: as plantas foram levadas a câmara de 90 L, onde o etileno foi injetado na concentração $10 \mu\text{L L}^{-1}$ e as plantas permaneceram nessa câmara durante 48 horas, em seguida, foram levadas à sala de avaliações;

III) 1-MCP: as plantas foram levadas à câmara de 90 L e tratadas com 1-MCP produto comercial SmartFresh® (Rohm and Haas Química, SP contendo 0,14% de 1-MCP) preparado de acordo com as recomendações de De Pietro (2009), na concentração de $1 \mu\text{L L}^{-1}$ por seis horas, em seguida, foram levadas à sala de avaliações;

IV) 1-MCP + Etileno: as plantas foram levadas à câmara de 90 L e tratadas com 1-MCP produto comercial SmartFresh® (Rohm and Haas Química, SP contendo 0,14% de 1-MCP) preparado de acordo com as recomendações de De Pietro (2009), na concentração de $1 \mu\text{L L}^{-1}$ por seis horas, posteriormente foram colocadas em outra câmara de 90 L, onde o etileno foi injetado na concentração de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ e permaneceram nessa câmara durante 48 horas, em seguida, foram levadas a sala de avaliações;

V) STS: as plantas foram pulverizadas com a solução de STS preparada de acordo com as recomendações de Nowak e Rudnicki (1990), na concentração de 2 mmol L^{-1} , após seis horas, foram levadas a sala de avaliações;

VI) STS + Etileno: as plantas foram pulverizadas com a solução de STS preparada de acordo com as recomendações de Nowak e Rudnicki (1990), na concentração de 2 mmol L^{-1} , após seis horas foram colocadas na câmara de 90 L, onde o etileno foi injetado na concentração $10 \mu\text{L L}^{-1}$ e as plantas permaneceram nessa câmara durante 48 horas, em seguida, foram levadas a sala de avaliações.

A coloração das folhas foi avaliada em três folhas, retiradas de cada local da planta: base, centro e ápice, antes e após a aplicação dos tratamentos. Foram consideradas as médias das determinações. Foram determinados: teores de clorofila totais da amostra ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de flavonoides da amostra ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio (que é a razão CHL/FLAV, marcador de deficiência de nitrogênio e taxa de proteína). As variáveis foram avaliadas a cada três dias com medidor portátil Dualex Scientific (“dual excitation”, Force-A, Orsay, France).

A senescência prematura das folhas, flores e frutos, ao chegarem da casa de vegetação, foram determinadas em plantas nas bancadas do laboratório, por meio da contagem inicial das folhas, flores e frutos totais de cada planta. Após a aplicação dos tratamentos foi feita nova contagem, pelo mesmo processo a cada três dias, expressando a porcentagem de abscisão de folhas, flores e frutos.

Os experimentos foram instalados em 5 repetições, cada unidade experimental foi constituída por um vaso com uma planta. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, as médias das variáveis analisadas foram submetidas ao erro padrão da média ($n=5$). Foi utilizado o programa SigmaPlot na análise dos dados e confecção dos gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 3 e 4 constam os resultados das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’, que responderam diferentemente aos tratamentos aplicados. Na fase de mudas, a variedade ‘Calypso’ demonstrou 100% de abscisão foliar acumulada quando as plantas foram expostas ao etileno, enquanto que a variedade ‘MG 302’ foi menos sensível ao etileno, com 41% de abscisão foliar acumulada após o tratamento e 89% no 3º dia de avaliações (Figuras 1, 3A e 4A).

Em ambas, o tratamento 1-MCP foi semelhante ao controle, com alta taxa de abscisão foliar acumulada no 6º dia na variedade ‘Calypso’ e 15º dia na variedade ‘MG 302’ (Figuras 1, 3B e 4B). O tratamento com 1-MCP + Etileno foi semelhante ao controle na variedade ‘MG 302’, porém na ‘Calypso’ ocorreu abscisão completa das folhas após o tratamento (Figuras 1, 3C e 4C). O tratamento com STS foi o mais efetivo porque após 36 dias de avaliações, em ambas as variedades não foram observadas porcentagens de abscisão foliar (Figuras 1, 3D e 4D). O tratamento com STS + Etileno foi eficiente na variedade ‘Calypso’, pois a abscisão foliar não ocorreu até o 36º dia após a aplicação do tratamento, porém causou fitotoxicidade na variedade ‘MG 302’, com murcha expressiva das folhas no 3º dia após a imposição do tratamento (Figuras 1, 3E e 4E).

O uso de inibidores de etileno, tais como 1- metilciclopropeno (1-MCP) e tiosulfato de prata (STS) ajudariam a compreender o grau de ação do etileno sobre plantas ornamentais (SEGATTO *et al.*, 2013). Na fase de desenvolvimento de mudas, o STS foi efetivo em retardar o processo de senescência. De acordo com Serek *et al.* (1996), o uso tem sido eficiente na prevenção da abscisão de botões florais, folhas, flores e pétalas.

De acordo com os dados obtidos foi observado que a utilização de 1-MCP como inibidor da ação do etileno foi menos eficiente que o uso de STS, provavelmente devido a concentração em que o 1-MCP foi usado não causou efeito no bloqueio da ação do etileno, o tempo de exposição foi inadequado ou houve produção acelerada de novos sítios receptores de etileno.

Nos resultados foi observado fitotoxicidade nas folhas das plantas da variedade ‘MG 302’, na forma de murcha prematura das folhas. De acordo com Woltering e Van Doorn (1988) as diferentes formas como se processa a senescência (murcha ou

abscisão foliar), estão relacionadas com a família botânica, a sensibilidade ao etileno e a espécie.

Durante as avaliações, as plantas não atingiram a floração, apenas houve emissão foliar, provavelmente causada pela a baixa irradiância ($8-10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) do interior da sala e pelo aumento da síntese de etileno (SEGATTO, 2013).

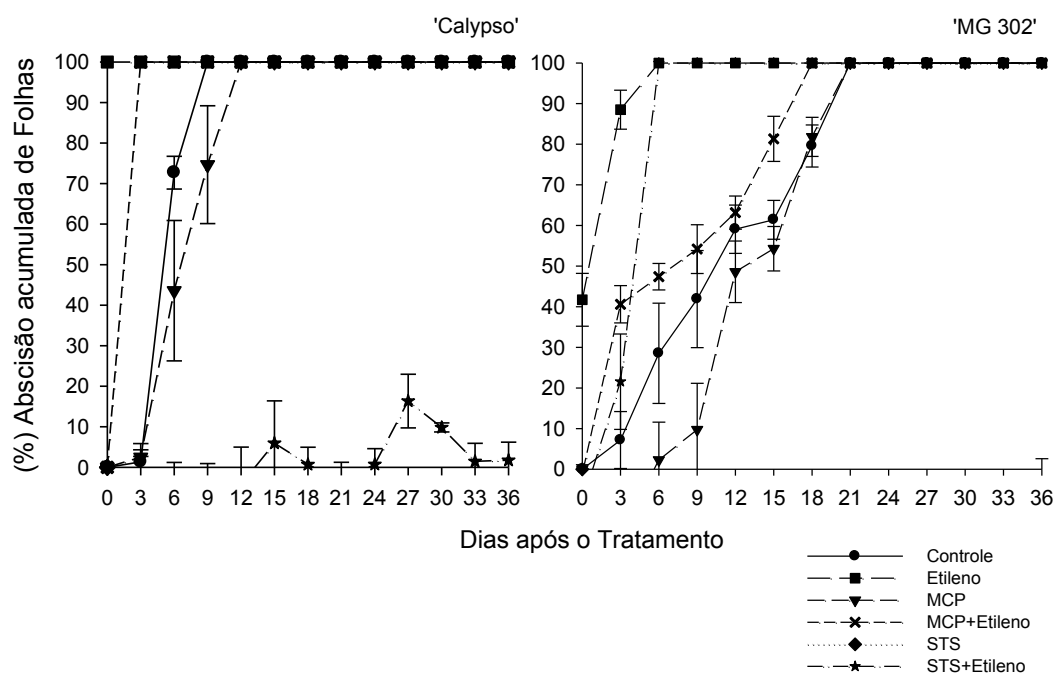


Figura 1 – (%) Abscisão acumulada de folhas em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1-MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

A Figura 2 contém os teores de clorofilas totais (ICHL), teores de flavonoides (IFLV) e balanço de nitrogênio (IBN) das plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’. De maneira geral essas variáveis decresceram durante a sobrevivência das plantas.

Na fase de mudas, os tratamentos mais eficientes na variedade ‘Calypso’ foram STS e STS + Etileno (com maior vida útil), com decréscimos de 27,04% e 43,92% no ICHL; 3,21% e 22,28% no IFLV e 19,31% e 45,71% no IBN, nos tratamentos STS e STS + Etileno, respectivamente (Figura 2). Já na variedade ‘MG 302’ o tratamento mais efetivo foi STS (com maior vida útil), com decréscimos de 4,15% no ICHL; 4,74% no IFLV e 33,63% no IBN (Figura 2).

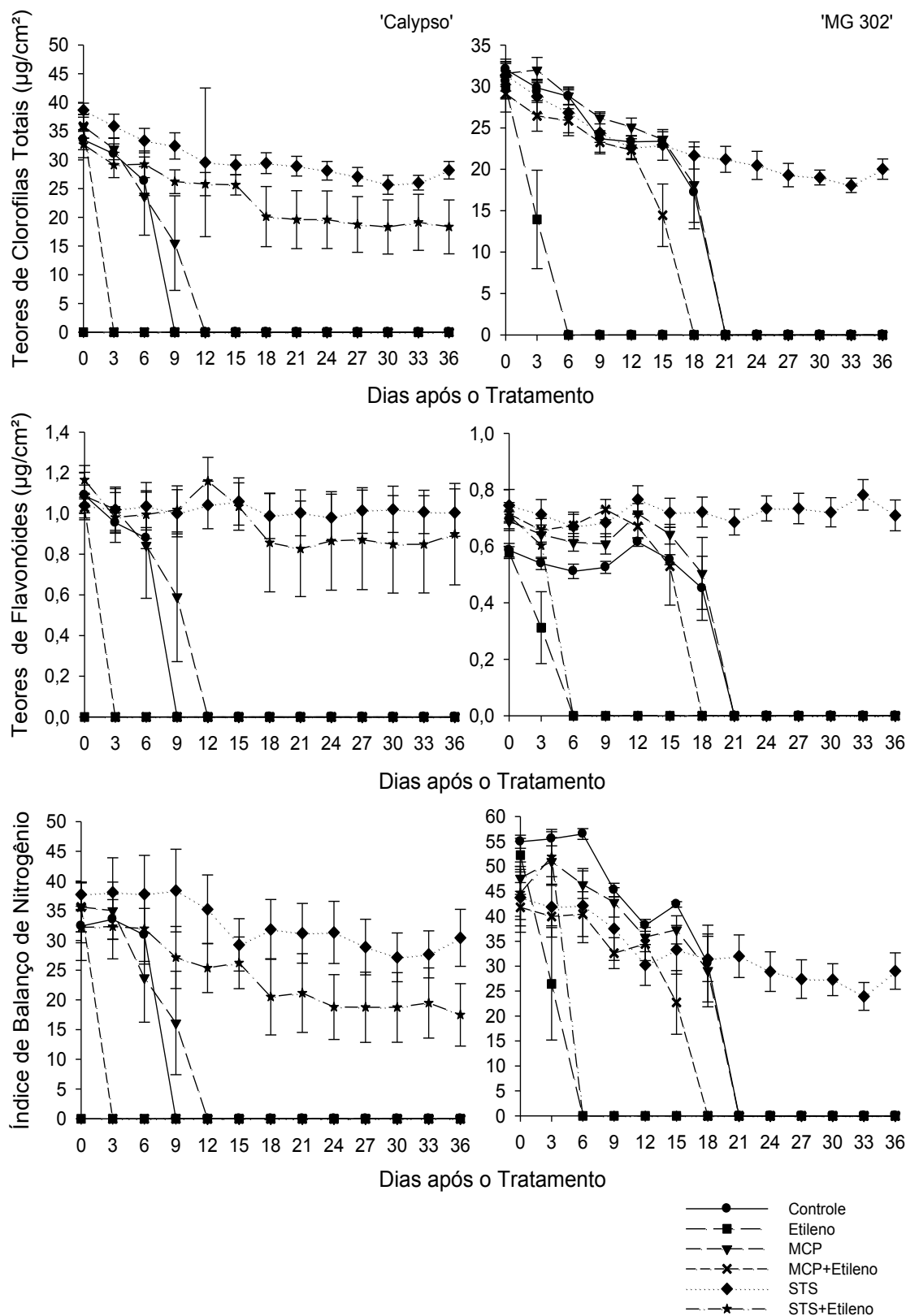


Figura 2 - Teores de clorofilas totais ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de flavonoides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio em plantas das variedades 'Calypso' e 'MG 302' no estágio de mudas, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=5$).

Figura 3 - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘Calypso’ no estágio de mudas, após a aplicação dos tratamentos.

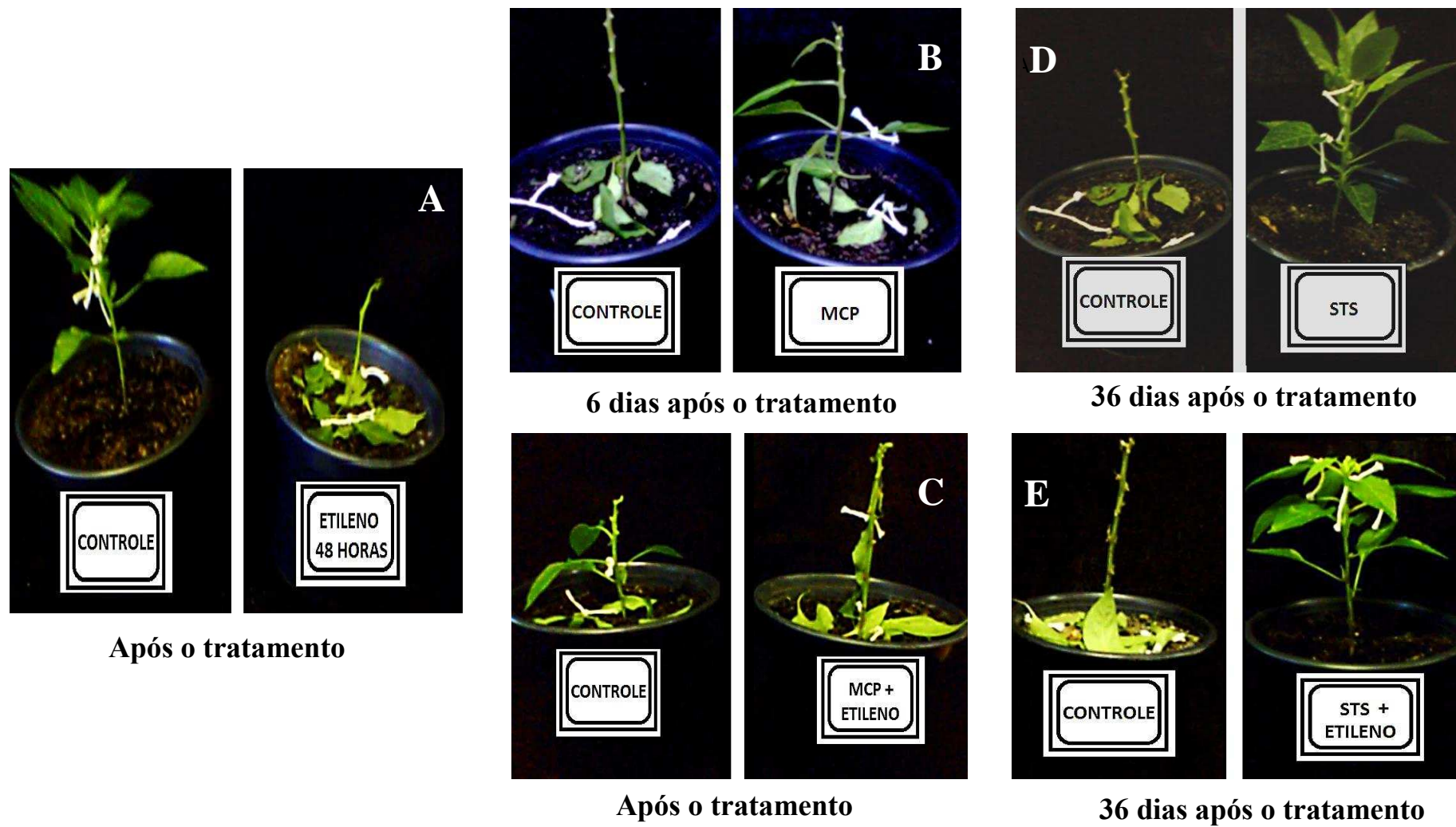
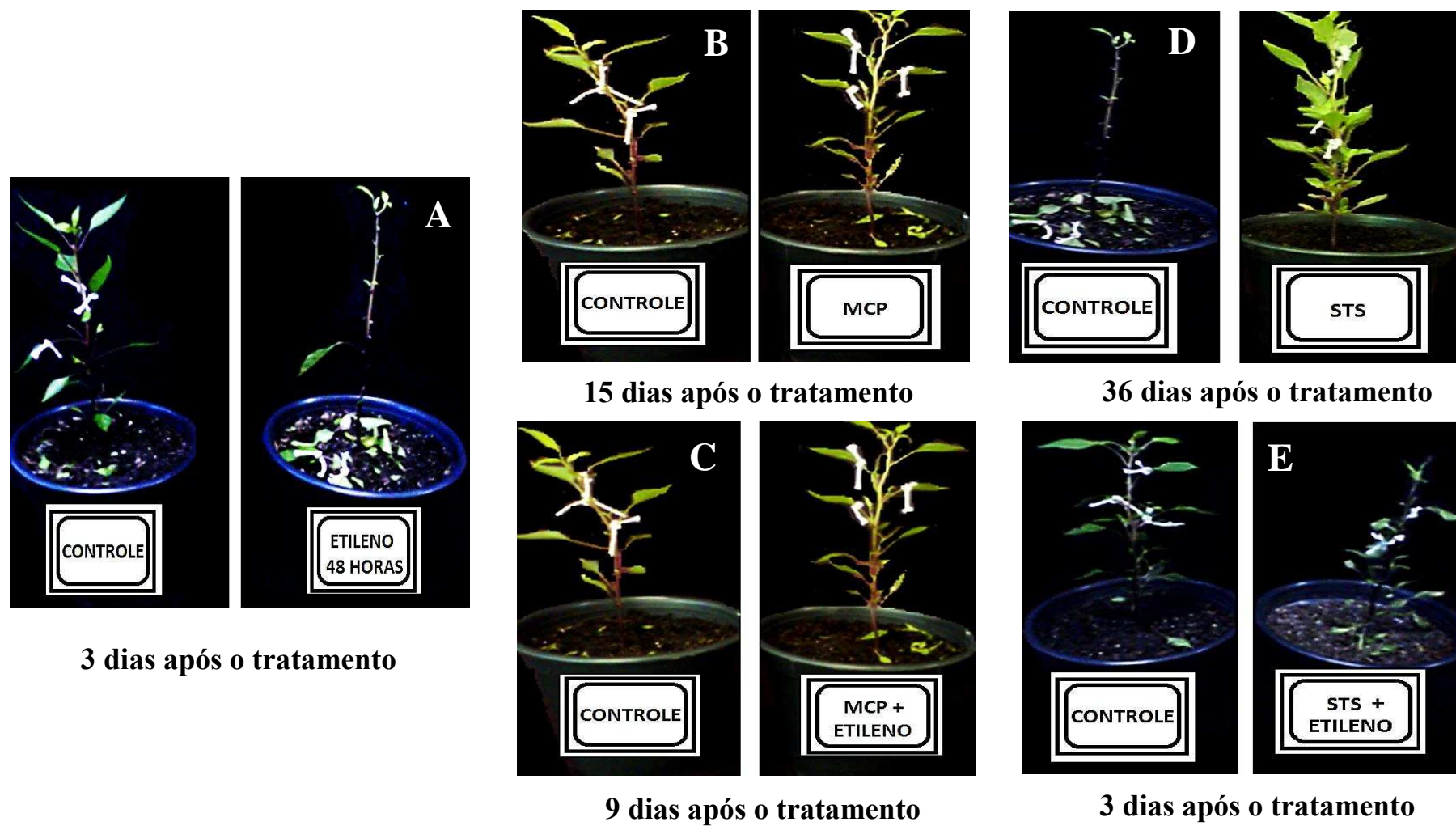


Figura 4 - Abscisão foliar em plantas da variedade 'MG 302' no estágio de mudas, após a aplicação dos tratamentos.



A resposta e a sensibilidade ao etileno são dependentes do estágio de desenvolvimento, variedade e percepção por parte do órgão da planta (CIARDI e KLEE, 2001; JONES *et al.*, 2001). As folhas geralmente são menos sensíveis ao etileno que os órgãos florais (LIPE e MORGAN, 1973; WOLTERING, 1987; BEAUDRY e KAYS, 1988; WOOLF *et al.*, 1999). Em condições idênticas de interior, diferentes cultivares de poinsetia apresentam diferentes taxas de queda de folhas e de brácteas (SCOTT *et al.*, 1982; NELL e BARRETT, 1986) e diferentes cultivares de pimenteira (*Capsicum annuum* ‘Maor’ (bell pepper) e ‘Lehava’ (paprica)) apresentam diferentes taxas de abscisão de flores (ALONI *et al.*, 1994).

A fase de início da floração na variedade ‘Calypso’ foi semelhante à fase de mudas. Na variedade ‘MG 302’ houve abscisão foliar acumulada de 74% após o tratamento com etileno (Figuras 5, 7A e 8A). Em ambas, o tratamento 1-MCP foi mais eficiente que o controle, com aproximadamente 69% de taxa de abscisão foliar acumulada no 6º dia na variedade ‘Calypso’ e 57% no 9º dia na variedade ‘MG 302’ (Figuras 5, 7B e 8B). O tratamento com 1-MCP + Etileno mostrou baixa abscisão acumulada de folhas após a aplicação do tratamento, porém na variedade ‘Calypso’ ocorreu abscisão completa das folhas no 3º dia, enquanto na ‘MG 302’ ocorreu 56% de abscisão de folhas no 3º dia (Figuras 5, 7C e 8C). O tratamento com STS foi mais efetivo nas variedades, pois com 24 dias havia 44% e 17% de abscisão foliar em ‘Calypso’ e ‘MG 302’, respectivamente (Figuras 5, 7D e 8D). O tratamento com STS + Etileno foi eficiente na variedade ‘MG 302’ resultando na abscisão foliar de 29% até o 24º dia, porém causou fitotoxicidade na variedade ‘Calypso’, pois foi observada murcha expressiva das folhas após a imposição do tratamento (Figuras 5, 7E e 8E).

Durante as avaliações, as plantas não emitiram novas flores, semelhante à fase de mudas. Na variedade ‘Calypso’ as plantas permaneceram com flores até o 3º dia nas plantas tratadas com 1-MCP e no controle, enquanto as plantas tratadas com STS permaneceram com flores até o 9º dia (Figura 5).

Na ‘MG 302’, após os tratamentos com STS e STS + Etileno, a abscisão de flores foi completa, porém durante o período de análise houve abertura de botões florais e as plantas mantiveram flores abertas até o 15º e 24º dias nos tratamentos STS e STS + Etileno, respectivamente. Serek e Trolle (2000) trabalharam com plantas envasadas de *Exacum affine*, tratadas com 0,5 mM de STS e observaram melhor qualidade em relação as não tratadas. As plantas tratadas tiveram, aproximadamente, 30% a mais de flores abertas no pico de florescimento.

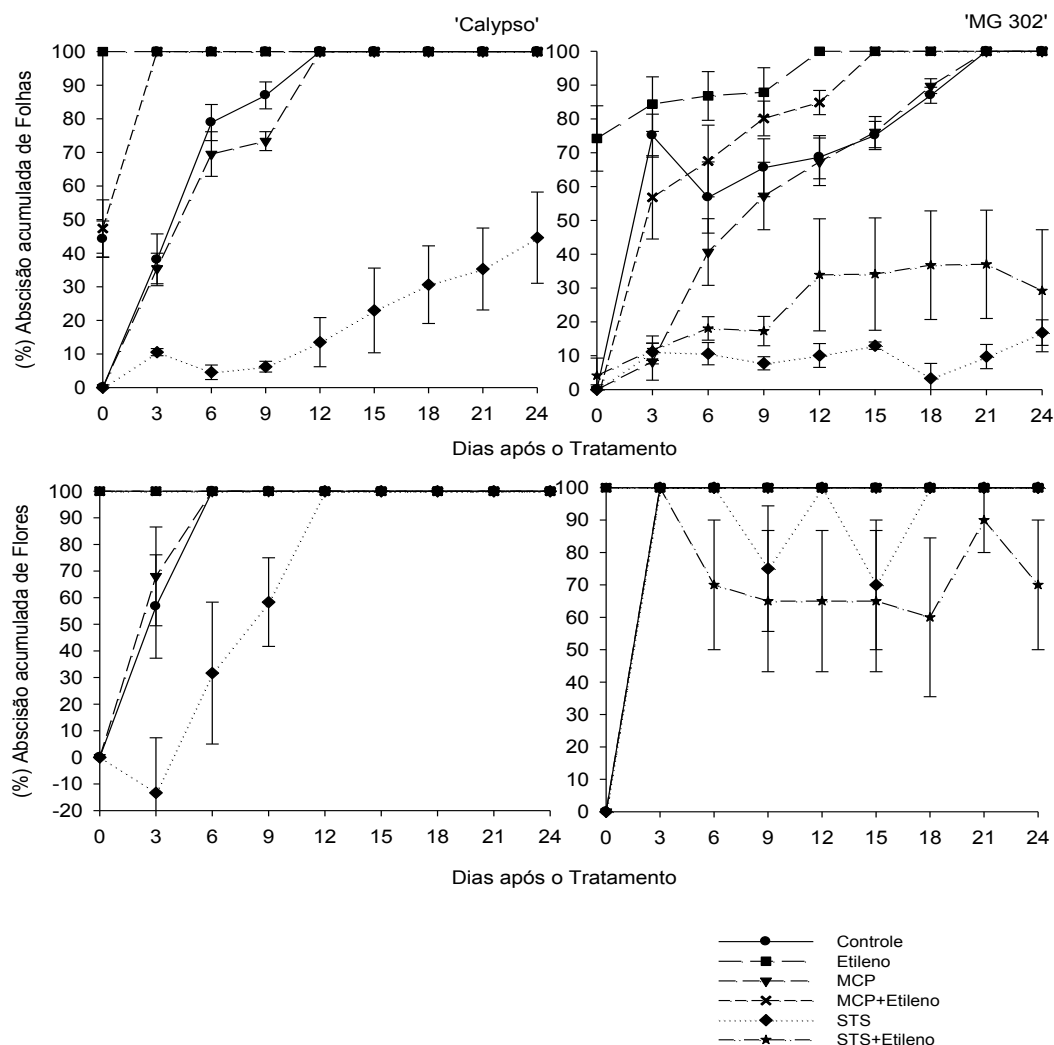


Figura 5 – (%) Abscisão acumulada de folhas e de flores em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de início da floração, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

A Figura 6 contém os teores de clorofilas totais (ICHL), teores de flavonoides (IFLV) e balanço de nitrogênio (IBN) das plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’. De maneira geral essas variáveis decresceram durante a sobrevivência das plantas.

Na fase de início da floração, na variedade ‘Calypso’ o tratamento mais eficiente foi STS (com maior vida útil), mostrando decréscimos de 24,11% no ICHL; 0,59% no IFLV e 20,23% no IBN (Figura 6). Na variedade ‘MG 302’ os tratamentos mais eficientes foram STS, STS + Etileno e 1-MCP (com maior vida útil), tais tratamentos decresceram respectivamente as variáveis em: 29,62%; 34,18% e 30,45% quanto ao ICHL, 1,25%; 12,56% e 10,78% quanto ao IFLV e 26,87%; 41,25% e 28,61% quanto ao IBN (Figura 6).

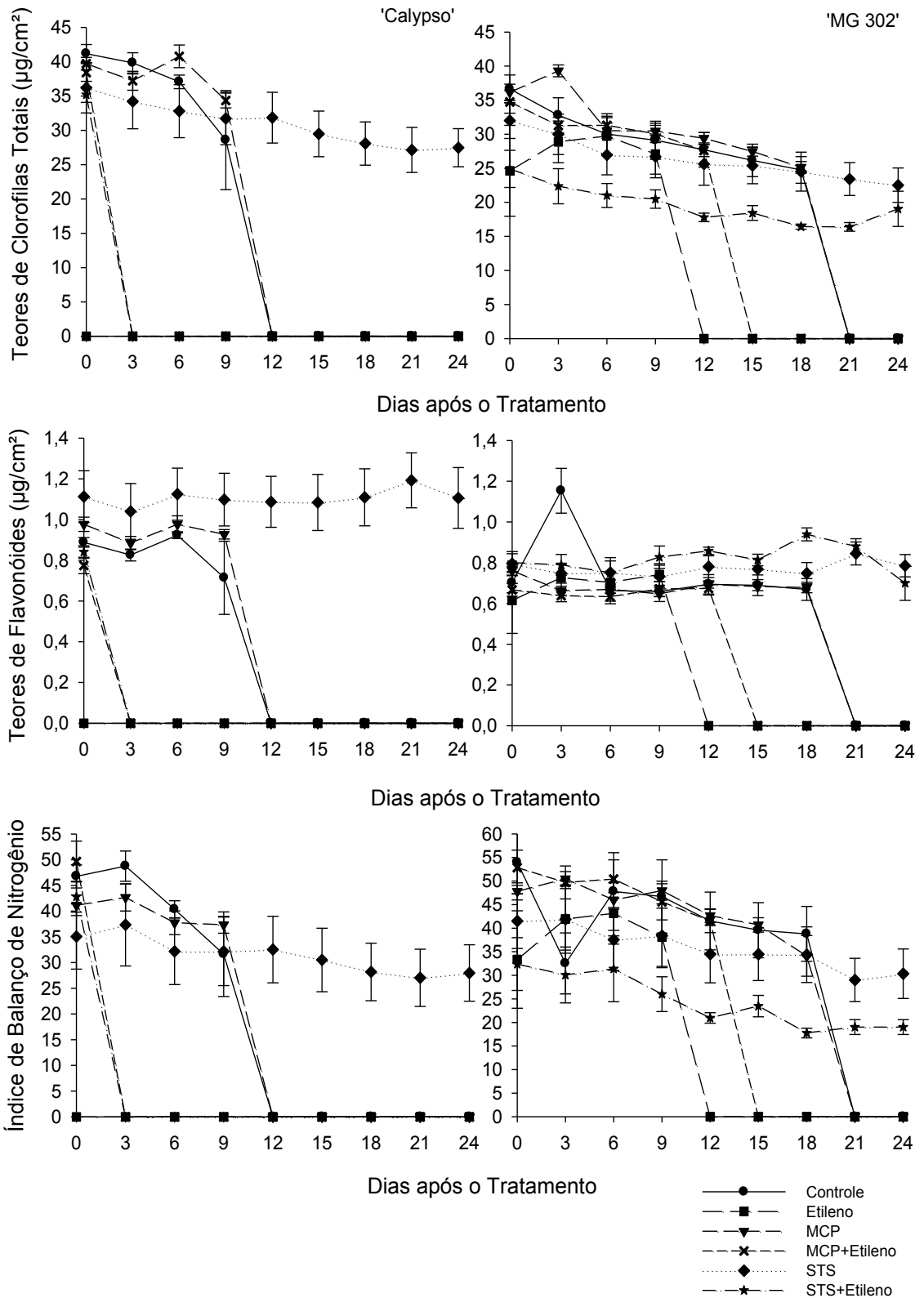


Figura 6 - Teores de clorofilas totais ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de flavonoides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio em plantas das variedades 'Calypso' e 'MG 302' no estágio de início da floração, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1-MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=5$).

Figura 7 - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘Calypso’ no estágio de início da floração, após a aplicação dos tratamentos.

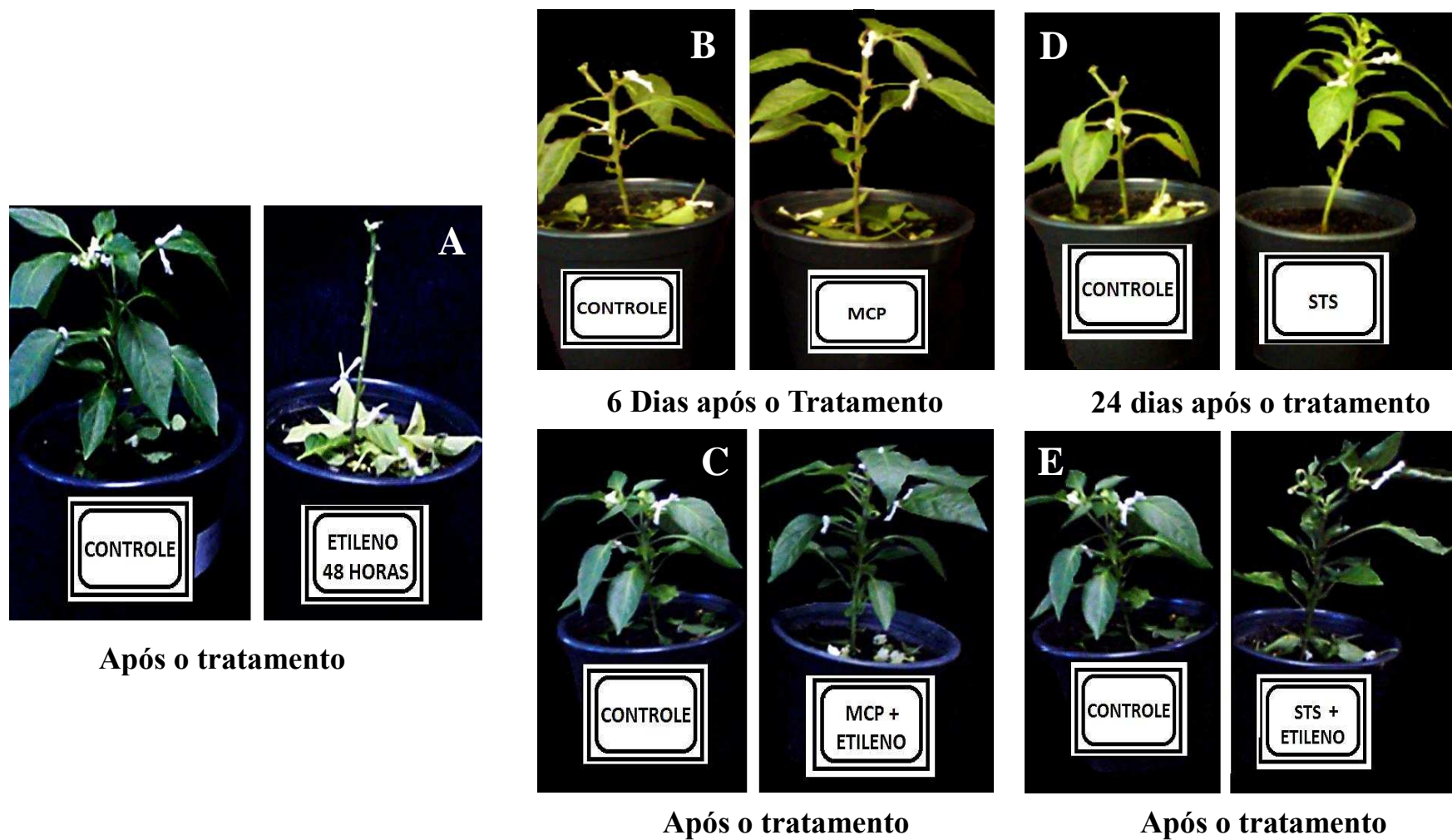
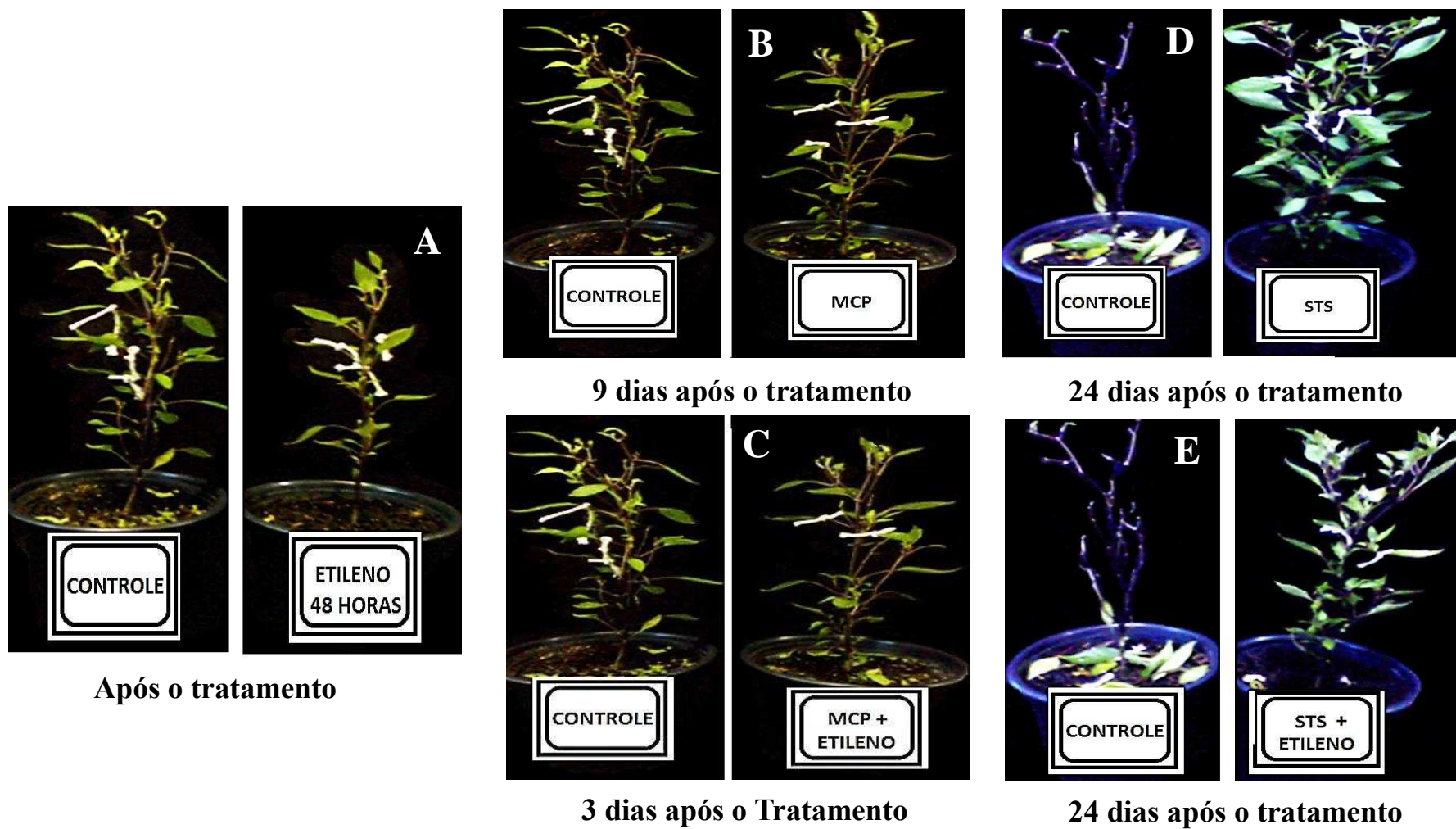


Figura 8 - Abscisão foliar em plantas da variedade 'MG 302' no estágio de início da floração, após a aplicação dos tratamentos.



As diferenças nas características de abscisão entre vários órgãos da planta têm sido atribuídas a diferenças na anatomia das células da zona de abscisão (MIRANDA e CARLSON, 1981), nos seus conteúdos em auxinas (GILBART e SINK, 1971) e/ou diferenças na sua sensibilidade ao etileno (SEXTON *et al.*, 1983). Segatto *et al.* (2013) detectaram nos genótipos de pimenteira ornamental ‘BGH 1039’, ‘BGH 7073’, ‘Calypso’ e ‘MG 302’ níveis diferenciados de sensibilidade ao etileno. No qual ‘Calypso’ e acesso BGH 1039 foram classificados como altamente sensíveis, enquanto ‘MG 302’ mostrou resposta intermediária ao tratamento, havendo abscisão de 15-38%.

As respostas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ ao etileno e inibidores estão nas figuras 9, 11 e 12, com respostas distintas aos tratamentos aplicados. A fase de comercialização da variedade ‘Calypso’ foi como as demais fases de desenvolvimento com abscisão completa das folhas quando tratadas com etileno. Na variedade ‘MG 302’ ocorreu 42% de abscisão foliar acumulada após o tratamento com etileno (Figuras 9, 10A e 11A). Em ambas, o tratamento 1-MCP foi mais eficiente que o controle, com aproximadamente 51% de taxa de abscisão foliar acumulada no 6º dia na variedade ‘Calypso’ e 49% no 9º dia na ‘MG 302’ (Figuras 9, 11B e 12B). O tratamento com o 1-MCP + Etileno não foi eficiente na variedade ‘Calypso’, que mostrou 48% de abscisão acumulada de folhas após a aplicação do tratamento, enquanto na ‘MG 302’ ocorreu apenas 2% de abscisão de folhas (Figuras 9, 11C e 12C). O tratamento com STS foi o mais efetivo na variedade ‘MG 302’ por causa das menores porcentagens de abscisão foliar acumulada quando comparado a ‘Calypso’. O tratamento com STS + Etileno causou fitotoxicidade em ambas as variedades (Figuras 9, 11E e 12E).

A aplicação de 1-MCP, geralmente foi eficiente na inibição da ação do etileno, concordando com Segatto *et al.* (2013) em que o 1-MCP causou maior longevidade em relação às plantas controles por causa da baixa irradiância no interior da sala ter induzido a produção de etileno. O 1-MCP foi eficaz em inibir a ação do etileno em decorrência do estresse luminoso, portanto a aplicação de 1-MCP, antes da exposição ao etileno, também foi eficiente em bloquear a ação do etileno nas variedades de pimenteiros ornamentais cultivadas em vaso.

O 1-MCP protege numerosas espécies floríferas de corte dos danos causados pelo etileno, como: declínio da vida de vaso em lírios asiáticos quando expostos a

150 nL L⁻¹ por 6 horas (ELGAR *et al.*, 1999), abscisão de flores e redução da vida de vaso em varias flores australianas nativas quando expostas a 10 nL L⁻¹ por 12 horas (MACNISH *et al.*, 2000), abscisão de flores e redução da vida de vaso de *Phlox paniculata*, quando expostas a 25, 250 ou 500 nL L⁻¹ por 6 horas (PORAT *et al.*, 1995).

A porcentagem de abscisão de frutos foi baixa durante a sobrevivência das plantas, onde maiores porcentagens de abscisão foram observadas na variedade ‘MG 302’, provavelmente devido à quantidade mais numerosa de frutos que a variedade ‘Calypso’ (Figura 9).

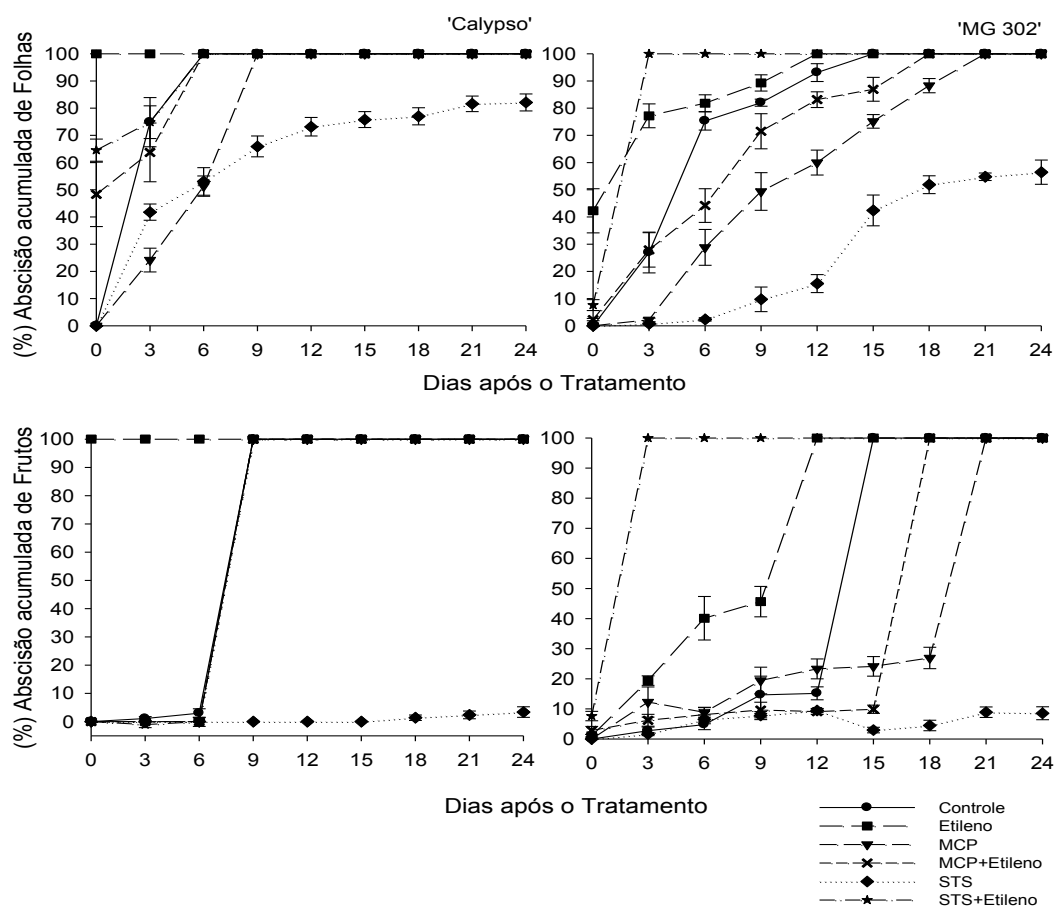


Figura 9 – (%) Abscisão acumulada de folhas e de frutos em plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ no estágio de comercialização, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1- MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

Em todas as fases de desenvolvimento a variedade ‘Calypso’ foi mais sensível que a ‘MG 302’, por isso Cavatte (2012) recomendou, no caso da cultivar ‘Calypso’, o uso de maior intensidade luminosa nos locais de comercialização, pois ‘Calypso’ é eficiente em condições de alta RFA (radiação fotossinteticamente ativa),

saturando com aproximadamente 750 ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$), e possui o ponto de compensação luminoso de 18 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$.

Os teores de clorofilas totais (ICHL), teores de flavonoides (IFLV) e balanço de nitrogênio (IBN) das plantas das variedades ‘Calypso’ e ‘MG 302’ contam na figura 10. De maneira geral essas variáveis decresceram durante a sobrevivência das plantas.

Na fase de comercialização da variedade ‘Calypso’ o tratamento mais eficiente foi STS (com maior vida útil), mostrando decréscimos de 33,37% no ICHL; 12,87% no IFLV e 25,04% no IBN. Na variedade ‘MG 302’ os tratamentos mais eficientes foram STS e 1-MCP (com maior vida útil), tais tratamentos decresceram respectivamente as variáveis em: 21,69% e 4,99% quanto ao ICHL; 0,93% e 4,99% quanto ao IFLV e 22,03% e 2,19% quanto ao IBN.

Coelho *et al.* (2012) ao trabalhar com a cultura da batata, demonstrou haver correlação linear positiva e significativa entre os índices de clorofila (ICHL) e balanço de nitrogênio (NBI), e negativa entre o índice de flavonoides (IFLV) e o teor de N a partir do ápice da batateira.

Nos resultados obtidos nas três fases de desenvolvimento estudadas, em ambas as variedades foram observados decréscimos nas variáveis ICHL, IFLV e IBN (relação entre a primeira e a última avaliação útil durante a aplicação dos tratamentos no experimento). De acordo com Khan (2006), vários ensaios sobre a fisiologia do etileno confirmam que afeta o conteúdo de clorofila, por meio da indução de genes que lideram a degradação da molécula de clorofila tanto em folhas destacadas como em folhas não destacadas (SHIMOKAWA *et al.*, 1978; YAMAUCHI *et al.*, 1997; MATILE *et al.*, 1999).

Os compostos fenólicos, especialmente os flavonoides, correlacionam com fatores de estresse, geralmente estão presentes na camada epidérmica e são produzidos pelo metabolismo secundário das plantas (CEROVIC *et al.*, 1999). Esses compostos são derivados das rotas do ácido chiquímico e dos fenilpropanoides, e podem agir como protetores de células vegetais por sequestrar espécies reativas de oxigênio produzidas pela radiação ultravioleta necessária à fotossíntese (PIETTA, 2000). Nas condições em que foram instalados os experimentos, provavelmente não ocorreu fatores estressantes que permitisse o acúmulo de flavonoides durante todo o período de avaliações, já que o IFLV mostrou decréscimos em ambas as variedades, nas três fases de desenvolvimento estudadas.

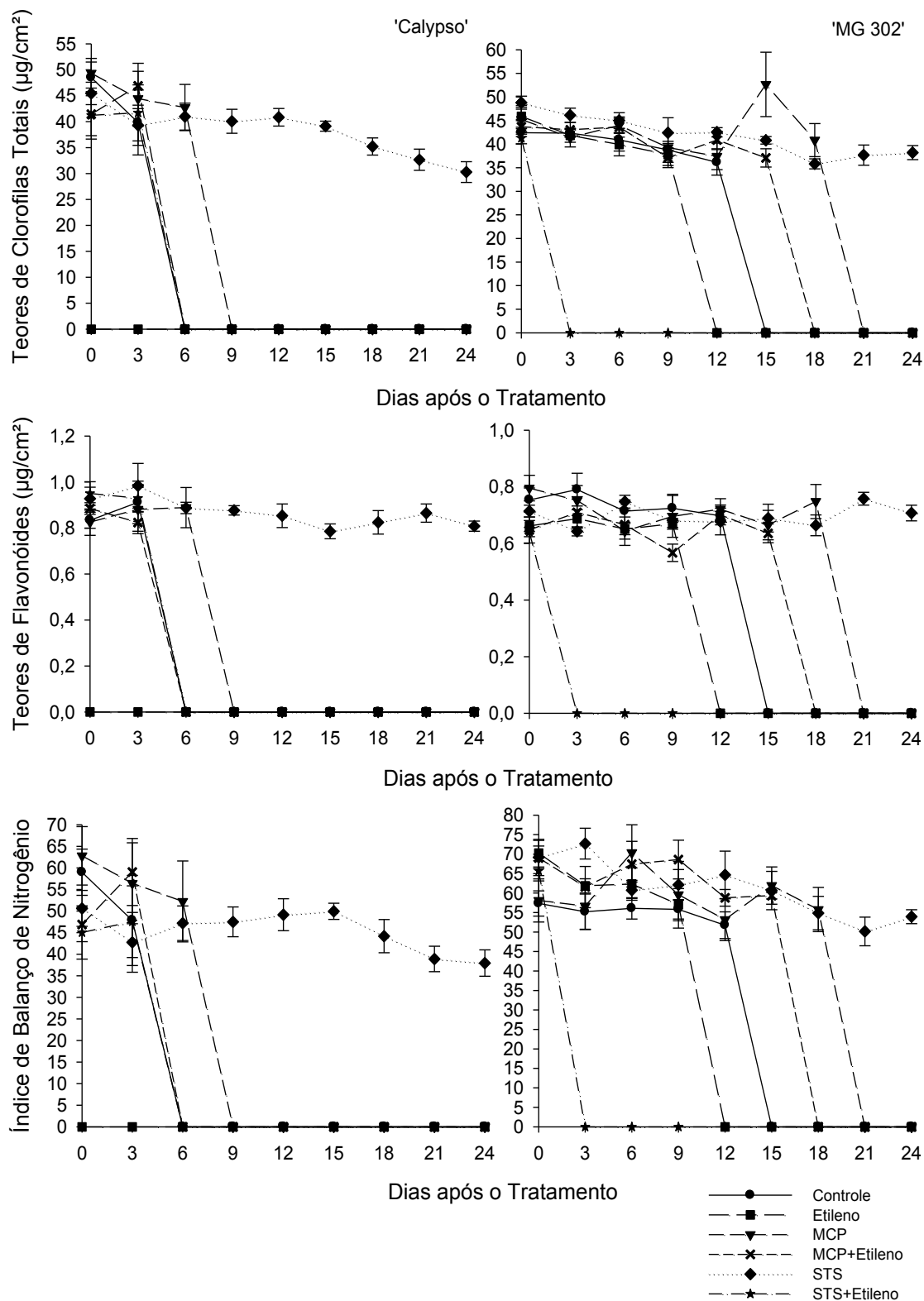


Figura 10 - Teores de clorofilas totais ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de flavonoides ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio em plantas das variedades 'Calypso' e 'MG 302' no estágio de comercialização, após os tratamentos: controle, etileno 48 horas, 1-MCP, 1-MCP + etileno por 48 horas, STS e STS + etileno por 48 horas. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=5$).

Figura 11 - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘Calypso’ no estágio de comercialização, após a aplicação dos tratamentos.

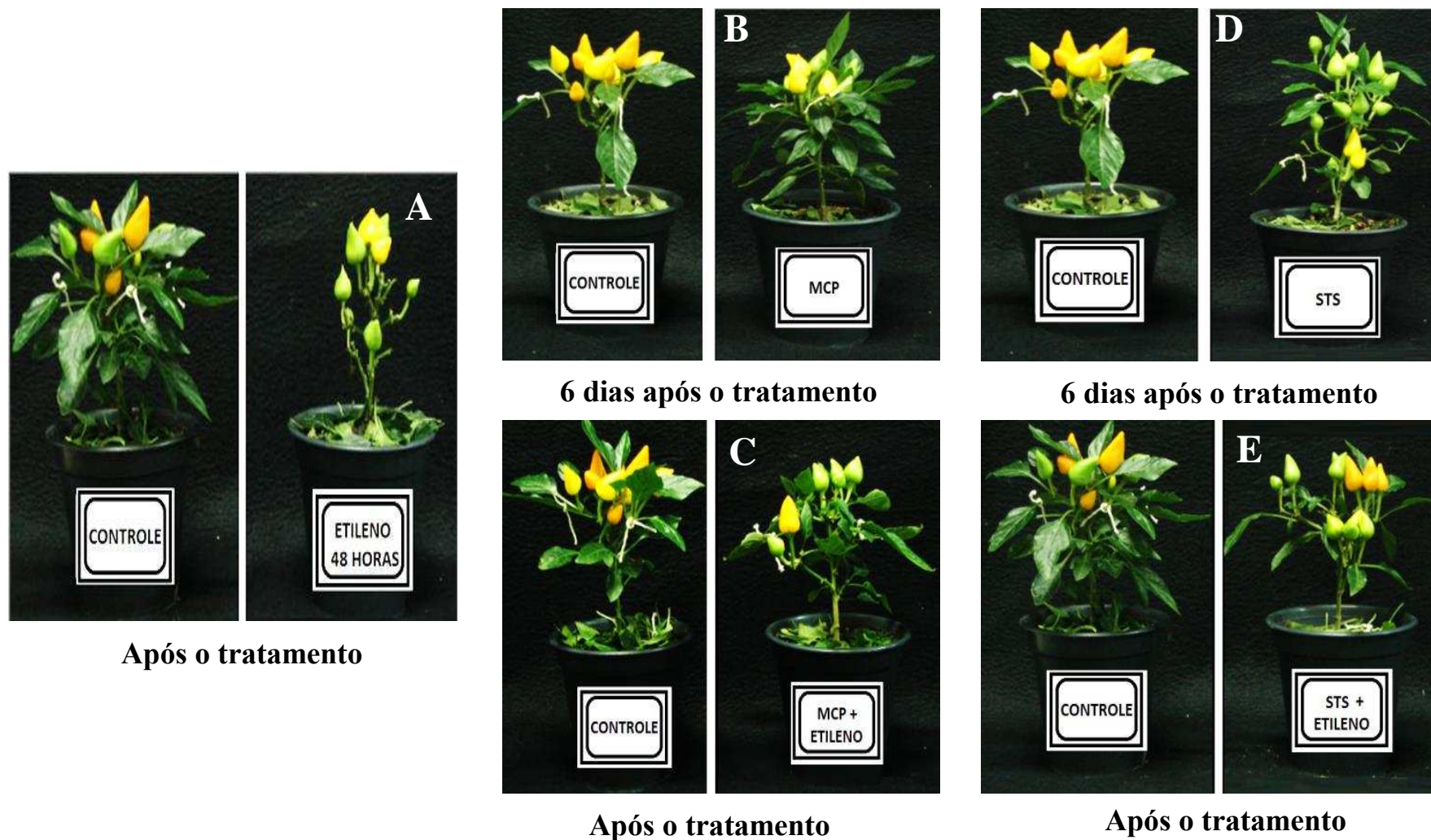
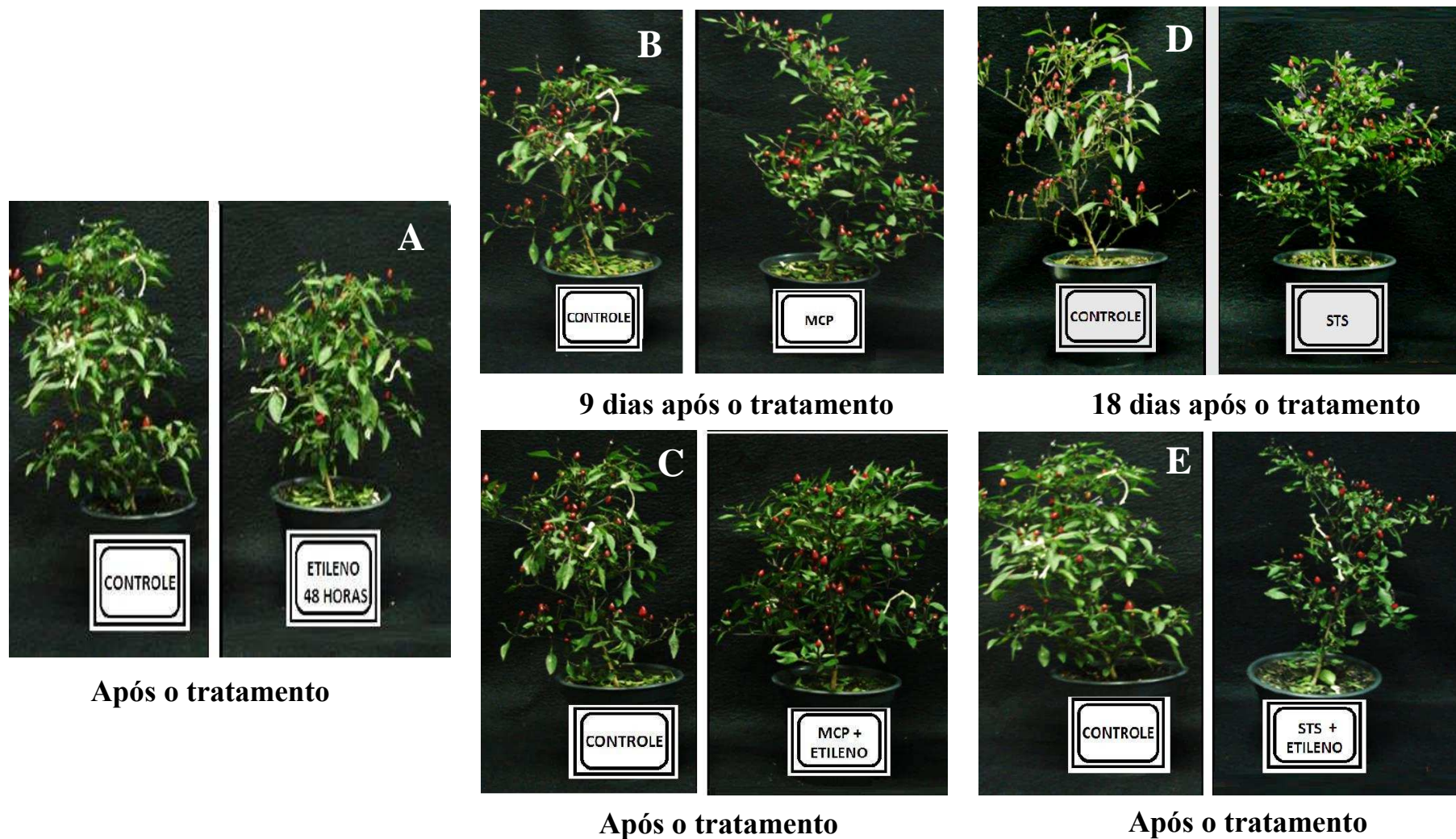


Figura 12 - Abscisão foliar em plantas da variedade ‘MG 302’ no estágio de comercialização, após a aplicação dos tratamentos.



4. CONCLUSÕES

- Independente das fases de desenvolvimento, as variedades apresentaram distintos níveis de sensibilidade ao etileno, ‘Calypso’ é muito sensível e a ‘MG 302’ apresentou sensibilidade intermediária;
- Para todas as fases de desenvolvimento avaliadas, o pré-tratamento das plantas com a pulverização com 2 mmol de STS foi o mais eficiente em retardar a ação do etileno;
- O pré-tratamento das plantas com a pulverização com 2 mmol de STS e posterior exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas foi eficiente apenas na fase de mudas para a ‘Calypso’ e na fase de início de floração para a ‘MG 302’, para as demais fases de desenvolvimento e nas variedades estudadas esse tratamento causou fito toxidez;
- O pré-tratamento com $1 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP foi eficiente na fase de início de floração e na fase de comercialização na variedade ‘Calypso’, enquanto na ‘MG 302’ foi eficiente nas três fases de desenvolvimento estudadas;
- O pré-tratamento com $1 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP seguido de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas foi eficiente na variedade ‘MG 302’ nas três fases de desenvolvimento estudadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMASI, P. MOHAMED, M. T.; AHMAD, S. H. KADIR, J. MIRSHEKARI, A. Postharvest responses of cut *Dendrobium* orchids to exogenous ethylene. **African Journal of Biotechnology**, v.11, n.16, p.3.895-3.902, 2012.
- ALONI, B.; KARNI, L.; ZAIDMAN, Z.; RIOV, Y.; HUBERMAN, M.; GOREN, R. The susceptibility of pepper (*Capsicum annuum*) to heat induced flower abscission: possible involvement of ethylene. **Journal of Horticultural Science**, v.69, n.5, p.923-928, 1994.
- ARGUESO, C. T.; HANSEN, M.; KIEBER, J. J. Regulation of ethylene biosynthesis. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.26, p.92-105, 2007.
- BEAUDRY, R. M., KAYS, S. J. Effect of ethylene source on abscission of pepper plant organs. **HortScience**, v.23, p.742-744, 1988.
- BROWN, J. H., LEGGE, R. L., SISLER, E. C., BAKER, J. E., THOMPSON, J. E. Ethylene binding to senescing carnation petals. **Journal of Experimental Botany**, v.37, p.526-534, 1986.
- CAMPANHA, M. M. **Manejo pós-colheita de inflorescências de ave-do-paráiso (*Strelitzia reginae* Ait.)**. 1997. 60p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- CAVATTE, R. P. Q. 2012. 74f. **Longevidade de pimentas ornamentais (*Capsicum annuum* L.) sob estresse de temperatura e luz**. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- CHI, G. L.; PUA, E. C.; GOH, C. J. Role of ethylene on de novo shoot regeneration from cotyledonary explants of *Brassica campestris ssp.p ekenensis* (Lour) Olsson *in vitro*. **Plant Physiology**, v.96, p.176-183, 1991.
- CIARDI, J.; KLEE, H. Regulation of ethylene-mediated responses at the level of the receptor. **Annals of Botany**, London, v.88, p.813-822, 2001.
- CEROVIC, Z.G.; SAMSON, G.; MORALES, F.; TREMBLAY, N.; MOYA, I. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. *Agronomie*, v.19, p.543-578, 1999.
- CLEMENTS, J. C.; ATKINS, C. A. Characterization of a Non-abscission mutant in *Lupinus angustifolius* L.: Physiological aspects. **Annals of Botany**, v.88, p.629-635, 2001.
- COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; CECON, P. R. Avaliação do estado nutricional do nitrogênio em batateira por meio de polifenóis e clorofila na folha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.4, p.584-592, 2012.
- De PAEPE, A.; VUYLSTEKE, M.; Van HUMMELEN, P.; ZABEAU, M.; Van Der STRAETEN, D. Transcriptional profiling by cDNA-AFLP and microarray

- analysis reveals novel insights into early response to ethylene in *Arabidopsis*. **Plant Journal**, v.39, p.537-559, 2004.
- DE PIETRO, J. **Fisiologia pós colheita de rosas cortadas cv. Veja**. 2009. 138f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
- DE PIETRO, J.; MATTIUZ, B. H.; MATTIUZ, C. F. M. de. Influência do 1-MCP na conservação pós-colheita de rosas cv. 'Veja'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.5, p.1.176-1.183, 2010.
- DELA FUENTE, R. K., LEOPOLD, A. C. Senescence process in leaf abscission. **Plant Physiology**, v.43, p.1.496-1.502, 1968.
- ELGAR, H. J., WOOLF, A. B., BIELESKI, L. Ethylene production by three lily species and their response to ethylene exposure. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, n.3, p.257-267, 1999.
- FLORACK, D. E. A. Toxicity of peptides to bacteria present in the vase water of cut roses. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.8, n.1, p.285-291, 1996.
- GIBBS, M. M.; BLESSINGTON, T. M.; PRICE, J. A.; YIN-TUNG, W. Postproduction effects of light level and duration of flowering and quality of Crossandra. **HortScience**, Alexandria, v.24, n.4, p.705, 1989.
- GILBART, D. A.; SINK, K. Regulation of endogenous indoleacetic acid and keeping quality of Poinsettia. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v.96, n.1, p.3-7, 1971.
- HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. **Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerias y viveros**. Costa Rica: IICA, 1988. 150p.
- HONG, S. B.; SEXTON, R.; TUCKER, M. L. Analysis of gene promoters for two tomato polygalacturonases expressed in abscission zones and the stigma. **Plant Physiology**, v.123, p.869-881, 2000.
- HOYER, L. Critical ethylene exposure for *Capsicum annum* 'Janne' is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. **Journal of Horticultural Science**, v.71, p.621-628, 1996.
- ICHIMURA, K.; SHIMIZU, H.; HIRAYA, T.; HISAMATSU, T. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the vase life of cut carnation, *Delphinium* and sweet pea flowers. **Bulletin of the National Research Institute of Fisheries Science**, v.2, p.1-8, 2002.
- JINN, T. L.; STONE, J. M.; WALKER, J. C. HAESA, an *Arabidopsis* leucine-rich repeat receptor kinase controls floral organ abscission. **Genes and Development**, v.14, p.108-117, 2000.

- JONES, M. L.; KIM, E. S.; NEWMAN, S. E. Role of ethylene and 1-MCP in flower development and petal abscission in zonal geraniums. **HortScience**, Alexandria, v.36, n.7, p.1305-1309, 2001.
- KALAITZIS, P.; KOEHLER, S. M.; TUCKER, M. L. Cloning of polygalacturonase expressed in abscission. **Plant Molecular Biology**, v.28, p.647-656, 1995. KHAN, A. N. **Ethylene action in plants**. Netherlands; Springer, 2006. 205p.
- KIYUNA, I., FRANCISCO, V. L. F. S.; COELHO, P. J.; CASER, D. V.; ASSUMPCÃO, R.; ÂNGELO, J. A. Floricultura brasileira no início do século XXI: o perfil do produtor. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.34, n.4, p.14-32, 2004.
- LIPE J. A.; MORGAN, P. W. Ethylene, a regulator of young fruit abscission. **Plant Physiology**, v.51, p.949-953, 1973.
- MACNISH, A. J.; JOYCE, D. C.; HOFMAN, P. J.; SIMONS, D. H. Involvement of ethylene in postharvest senescence of *Boronia heterophylla* flowers. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.39, n.7, p.911-913, 1999.
- MATILE, P.; HÖRTENSTEINER, H.; THOMAS, H. Chlorophyll degradation. **Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, v. 50, p. 67-95. 1999.
- McMANUS, M. T.; THOMPSON, D. S.; MERRIMAN, C.; LYNE, L.; OSBORNE, D. J. Transdifferentiation of mature cortical cells to functional abscission cells in bean. **Plant Physiology**, v.116, p.891-899, 1991.
- MIRANDA, R. M.; CARLSON, W. H. Characterization of the role of ethylene in petal abscission of hibrid geranium using floret explants. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.31, p.7-16, 1981.
- NELL, T. A.; BARRET, J. E. Influence of simulated shipping on the interior performance of poinsettias. **HortScience**, v.21, n.2, p.310-312, 1986.
- NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. Postharvest Handling and Storage of Flowers, Florist Greens and Potted Plants. **Portland: Timber Press**, 1990. 210p.
- PEREIRA, W. S. P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP – bloqueador de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais - doenças e pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.31-44.
- PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v.63, p.1.035-1.042, 2000.
- PORAT, R.; SHLOMO, E.; SEREK, M.; SISLER, E. C.; BORROCHOV, A. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene action in cut phlox flowers. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.6, n.4, p.313-319, 1995.
- REID, M. S. Ethylene and abscission. **HortScience**, v.20, p.45-50, 1985.

- RUPASINGUE, H. P. V.; MURR, D. P.; PALIYATH, G. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.75, n.3, p.271-276, 2000.
- OHKAWA, K. Mobility and effects on vase life of silver containing compounds in cut roseflowers. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.1, p.112-113, 1999.
- SCOTT, L. F., BLESSINGTON, T. M.; PRICE, J. A. Postharvest performance of poinsettia as affected by micronutrient source, storage and cultivar. **HortScience**, v.17, p. 901-902, 1982.
- SEGATTO, F. B.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; RÊGO, E. R.; PINTO, C. M. F. Effects of Ethylene on the Post-Production of Potted Ornamental Peppers (*Capsicum annuum* L.), **Acta Horticulturae**, v.1.000, p.217-222, 2013.
- SEREK, M.; SISLER, E. C.; REID, M. S. Ethylene and the postharvest performance of miniature roses. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.424, p.145-149, 1996.
- SEREK, M.; TROLLE, L. Factors affecting quality and post-production life of *Exacum affine*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.86, p.49-55, 2000.
- SEXTON, R.; STRUTHERS, W. A.; LEWIS, L. N. Some observations on the very rapid abscission of petals of *Geranium robertianum* L.. **Protoplasma**, v.116, p.179-186, 1983.
- SHIMOKAWA, K.; SHIMADA, S.; YAEO, K. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. **Scientia Horticulturae**, v.8, n.2, p.129-135, 1978.
- SKOG, L. J.; BLOM, T.; SCHAEFER, B.; DIGWEED, B.; FRASER, H.; BROWN, W. A Survey of ethylene contamination in Ontario's floriculture industry and the evaluation of 1-methylcyclopropene and an ethylene absorber as potential solutions. **Acta Horticulturae**, v.543, p.55-59, 2001.
- TRAINOTTI, L.; FERRARESE, L.; POZNANSKI, E.; DALLA VESSIA, F. Endobeta-1,4-glucanase activity is involved in the abscission of pepper flowers. **Journal of Plant physiology**, v.152, p.70-77, 1998.
- VAN ALTVORST, A. C.; BOVY, A.G. The role ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. **Plant Growth Regulation**, v.16, p.43-53, 1995.
- WATKINS, C. B.; NOCK, J. F.; WHITAKER, B. D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.19, n.1, p.17-32, 2000.
- WOLTERING E. J. Effects of ethylene on ornamental pot plants: a classification. **Scientia Horticulturae**, v.31, p.283-294, 1987.

- WOLTERING, E. J., Van DOORN, W. G. Role of ethylene in senescence of petals morphological and taxonomical relationships. **Journal of Experimental Botany**, v.208, n.39, p.1.605-1.616, 1988.
- WOLTERING, E. J., TEN HAVE, A., LARSEN, P. B., WOODSON, W. R. Ethylene biosynthetic genes and inter-organ signalling during flower senescence. In: Society for Experimental Biology Seminar Series 55: Molecular and Cellular Aspects of Plant Reproduction. **Cambridge: Eds Scott R. J. e Stead A. D.** 1994. p.285-307.
- WOOLF, A. B.; PLUMMER, J. A.; CLEMENS, J. Maturity and temperature influence ethylene-promoted organ abscission in *Camellia*. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.27, p.33-41, 1999.
- YAMAUCHI, N.; AKIYAMA, Y.; KAKO, S.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation in Wasesatsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 71, n. 1/2, p. 35-42, 1997.

CAPÍTULO II

EFEITO TÉRMICO E DO ESTRESSE HÍDRICO NA PÓS-PRODUÇÃO DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS

I. INTRODUÇÃO

O mercado mundial de plantas ornamentais é caracterizado por demandar investimentos constantes de recursos objetivando aprimoramento das características comerciais desejáveis (IBRAFLOR, 2015). Os estudos sobre os fatores que afetam a pós-produção de plantas ornamentais são escassos, portanto conhecer os efeitos das condições de transporte sobre a qualidade e a longevidade das plantas envasadas dá suporte à busca de medidas eficazes que prolonguem a disponibilidade comercial de plantas ornamentais em vaso (CAVATTE, 2012).

Em condições de estresse hídrico nas variáveis de trocas gasosas podem ocorrer alterações de forma distinta, de acordo com a espécie, tanto por limitações difusivas, restringindo a disponibilidade de dióxido de carbono para assimilação, quanto por limitações metabólicas, pelo aumento do efeito fotoinibitório (GONÇALVES *et al.*, 2010).

Na cadeia do suprimento nacional de flores e plantas ornamentais há pontos de estrangulamento, como uso de depósitos inadequados, ausência de câmaras frias, utilização de caminhões sem isolamento térmico ou refrigeração, ventilação e iluminação, que geram condições de temperaturas inadequadas (JUNQUEIRA e PEETZ, 2008). Segundo Gajanayake *et al.* (2011), não há relatos sobre triagem de cultivares de pimenteiras ornamentais quanto a resposta a extremos de temperaturas.

Vários estresses bióticos e abióticos (incluindo inundações, danos mecânicos, danos causados por agentes patogênicos, déficit hídrico, toxicidade mineral e salinidade) podem aumentar os níveis endógenos de etileno, o que pode agravar os efeitos do estresse (MAYAK *et al.*, 2004 ; SIDDIKEE *et al.*, 2011).

De acordo com Gonzaga *et al.* (2001), o balanço hídrico é determinante na longevidade dos órgãos das plantas, e a deficiência de água no organismo acelera o processo de senescência. Altos níveis de hidratação dos tecidos em geral estão associados ao aumento da vida em vaso das flores de corte, enquanto perdas de 10 a 15% de massa fresca podem levar à morte dos tecidos (MORAES *et al.*, 1999).

Em condições de estresse, pode haver o acúmulo de moléculas como as espécies reativas de oxigênio (ERO's) que aumentam a peroxidação de lipídios de membrana, o dano à membrana do cloroplasto e a desnaturação de biomoléculas, causando diminuição da fotossíntese e morte celular (DJANAGUIRAMAN *et al.*, 2009; LIU e HUANG, 2000; NOCTOR e FOYER, 1998). A peroxidação lipídica, indicador amplamente utilizado de estresse de membranas celulares das plantas e durante o estresse oxidativo, pode ser estimada pelo método das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (HEATH e PACKER, 1968; DU e BRAMLAGE, 1992; HODGES *et al.*, 1999).

Outro importante indicador de estresses é o rendimento quântico máximo do PSII, estimado pela razão F_v/F_m , que expressa a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII (BAKER, 1991; KRAUSE e WEISS, 1991). Quando alguma planta está com o aparelho fotossintético intacto, a razão F_v/F_m deve variar entre 0,75 e 0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF *et al.*, 1989), enquanto a queda nesta razão reflete a presença de dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII (BJÖRKMAN e DEMMING, 1987).

A temperatura, importante fator ambiental, controla a resposta dos tecidos pela redução da sensibilidade e produção de etileno. O efeito de baixas temperaturas no armazenamento sobre a qualidade das flores difere amplamente entre as espécies e cultivares, (RUDNICKI *et al.*, 1989). Temperaturas abaixo da mínima de segurança (TMS) podem causar desordens fisiológicas, as quais tornam o vegetal muito susceptível a injúrias causadas pelo frio – *chilling injury* (COUEY, 1982).

Outro aspecto importante na fase de produção como na pós-produção, é a intensidade e a qualidade da luz disponível para as plantas. A durabilidade e a conservação da qualidade das plantas envasadas e de corte são geralmente limitadas pela incapacidade da manutenção da fotossíntese em condições de baixa luminosidade nos ambientes de interior onde as plantas são acondicionadas, pois a fotossíntese é essencial para preservar o metabolismo de açúcares e amido que são sintetizados e armazenados nas hastes, folhas e pétalas e fornecem o carbono para a manutenção da qualidade durante a pós-produção (SEREK e TROLLE, 2000).

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de duas temperaturas e do estresse hídrico na qualidade comercial das plantas durante a pós-produção de pimenteira ornamentais (*Capsicum annuum* L.).

II. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa/MG (20° 45' 20'' S e 42° 52' 40'' W, 651 m de altitude) no mês de setembro de 2014. Foram utilizadas sementes da espécie *Capsicum annuum* L., variedade 'MG 302', proveniente do Banco de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. As sementes foram germinadas em bandeja de PET (Poli Tereftalato de Etila) de 36 células contendo substrato comercial Bioplant[®]. Quando as plantas atingiram o estágio de três pares de folhas verdadeiras (aproximadamente 35 dias após a semeadura) foram transplantadas em vasos de 760 ml (com 10 cm de altura, 10 e 13 cm da base e da borda respectivamente), contendo substrato comercial, as plantas foram crescidas em casa de vegetação até atingirem o ponto de comercialização, ou seja, 30% de frutos maduros.

Os tratos culturais: (i) remoção manual das plantas daninhas; (ii) adubação com 10 g de NPK 10-10-10 a cada 20 dias, não havendo adubação de fundação; (iii) fertirrigação mensal até o início da frutificação com, solução nutritiva contendo 150 mg ml⁻¹/vaso/dia de adubo comercial Ouro Verde (15-15-20 NPK + Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn); (iv) do período de semeadura até o último dia do experimento, os substratos foram regados diariamente.

As plantas foram analisadas no estágio de comercialização (30% dos frutos maduros), em laboratório de pós-colheita onde permaneceram na sala para simulação de interiores (SSI), como exemplo de lojas, supermercados e casa do consumidor, a 25° ± 1° C, com 8-10 μmol s⁻¹ m⁻² de luz fornecida a partir de tubos de luz branca fluorescente, UR 60-65%, onde foram aplicados os seguintes tratamentos:

I) Controle: as plantas foram mantidas na sala de simulação de interiores;

II) Baixa temperatura: as plantas permaneceram por 6 horas a 5° ± 2° C com iluminação constante em câmara exclusiva. Após esse período, foram mantidas na sala de simulação de interiores;

III) Alta temperatura: as plantas permaneceram por 6 horas a 35° ± 2° C com iluminação constante em câmara exclusiva. Após esse período, foram mantidas em sala de simulação de interiores;

IV) Baixa temperatura com estresse hídrico por desidratação: a rega das plantas na casa de vegetação foi suspensa por 12 horas, em seguida permaneceram em câmara exclusiva por 6 horas a $5^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C com iluminação constante, após esse período e ainda sem serem irrigadas, as plantas foram mantidas em sala de simulação de interiores;

V) Alta temperatura com estresse hídrico por desidratação: a rega das plantas na casa de vegetação foi suspensa por 12 horas, em seguida as plantas permaneceram em câmara exclusiva por 6 horas a $35^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C com iluminação constante, após esse período e ainda sem serem irrigadas, as plantas foram mantidas em sala de simulação de interiores.

Antes da aplicação dos tratamentos sem estresse hídrico foi realizada irrigação de 100% da capacidade de campo dos vasos das plantas. Durante a aplicação dos tratamentos a luz utilizada no interior das câmaras foi fluorescente de aproximadamente $18 \mu\text{mol}$ de fótons min^{-1} e umidade relativa dentro da câmara foi 60-65%. Não foi simulado movimento do transporte das plantas.

Uma das variáveis de qualidade das plantas foi a intensidade de coloração verde das folhas por meio de três folhas, retiradas de cada local da planta: base, centro e ápice, antes e após a aplicação dos tratamentos. Foram consideradas as médias das determinações. Foram determinados: teores de clorofila totais da amostra ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), teores de flavonoides da amostra ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e índice de balanço de nitrogênio (que é a razão CHL/FLAV, marcador de deficiência de nitrogênio e taxa de proteína), tais variáveis foram avaliados com medidor portátil Dualex Scientific (“dual excitation”, Force-A, Orsay, France).

A durabilidade comercial das plantas foi determinada pela porcentagem da abscisão de folhas, flores e frutos. A senescência prematura das folhas, flores e frutos foi quantificada em ambiente de interior, como mencionado anteriormente, por meio da contagem inicial das folhas, flores e frutos totais de cada planta. Após a aplicação dos tratamentos foi feita nova contagem, foi expressa em porcentagem a abscisão de folhas, flores e frutos.

Os açúcares solúveis totais foram extraídos das folhas em amostras de 1 g, por extração em etanol 80% a 65° C. Após 30 minutos a amostra foi triturado em *politron* e centrifugado a 2.000 g por 10 minutos, o processo foi repetido três vezes. Após a filtração em filtros de milíporo, o sobrenadante foi retirado e o volume foi completado a 25 ml. O precipitado foi reservado e destinado à extração de amido.

Na quantificação dos açúcares solúveis totais foi empregado o método fenol-sulfúrico (DUBOIS *et al.*, 1956). Na confecção da curva, foram preparadas soluções padrões de sacarose (0, 10, 20, 30, 40 e 50 $\mu\text{g ml}^{-1}$), e obtida a equação posteriormente usada.

O extrato utilizado na análise de açúcares redutores foi o mesmo utilizado nas quantificações de açúcares solúveis totais.

No ensaio de açúcares solúveis totais, em cada réplica, 50 μL do extrato foi pipetado em tubo de ensaio e foi adicionado 250 μL de fenol a 5% e, em seguida, os tubos foram agitados em vórtex. Após essa primeira etapa, foi acrescentado 1,25 mL de H_2SO_4 concentrado e os tubos foram agitados. Posteriormente, os tubos foram colocados em banho-maria, por 20 minutos à temperatura de 30° C. Após o banho-maria, os tubos foram novamente agitados e feita a leitura da absorbância a 490 nm em espectrofotômetro. A partir do valor de absorbância, foram feitos os cálculos com as devidas correções nas diluições utilizadas e o resultado foi expresso em porcentagem de matéria fresca.

A quantificação de açúcares redutores foi realizada pela metodologia de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Foram pipetados 100 μL do extrato em tubos eppendorf de 2 ml e logo após, foram adicionados 0,2 mL de reagente de Nelson 4 (8 mL do reagente de Nelson 1 e 2 mL do reagente de Nelson 2). Foram agitados os tubos em turbilhador e posteriormente foram fervidos por 15 minutos. Após o resfriamento, foi adicionado 0,2 mL do reagente de Nelson 5 (7 mL do reagente H_2SO_4 0,75M e 3,5 mL do reagente de Nelson 3) e agitado novamente. Foram adicionados, então, 0,6 mL de água deionizada e, novamente, em tubos foram agitados. As absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro no comprimento de onda 540 nm. Os valores obtidos foram comparados à curva padrão de glicose a 1% nas concentrações de 0, 20, 40, 60, 80 e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Os teores de açúcares redutores foram expressos em porcentagem de matéria fresca.

Os teores de açúcares não redutores foram obtidos pela subtração dos valores de açúcares redutores dos valores obtidos de açúcares solúveis totais e expressos em porcentagem de matéria fresca.

Na análise de amido, a extração foi feita a partir do precipitado proveniente da extração de açúcares solúveis totais, assim, por meio de metodologia descrita por McCready *et al.* (1950). O precipitado foi ressuspenso em 3,25 ml de ácido perclórico 52% e 2,5 ml de água deionizada, agitado em turbilhador e deixado em

repouso por 30 minutos. Em seguida, foi centrifugado a 2.000 g por 15 minutos, o processo foi repetido três vezes. O precipitado foi descartado e os sobrenadantes coletados em balão volumétrico e o volume completado a 20 mL com água destilada. Foi utilizado o mesmo método usado na quantificação de açúcares solúveis totais, descrito anteriormente. Para a análise, foram pipetados 50 µL da amostra no período anterior à aplicação dos tratamentos e 100 µL da amostra no período após a aplicação dos tratamentos. Os resultados obtidos foram multiplicados pelo fator de correção 0,9 e expressos em porcentagem de matéria fresca.

Os danos celulares foram avaliados por meio da peroxidação de lipídeos e pelo extravasamento de eletrólitos (LIMA *et al.*, 2002).

Quanto a peroxidação de lipídeos foi feita a quantificação de malonaldeído (MDA) utilizando a metodologia modificada de Cakmak e Horst (1991), por maceração de 200 mg de tecido vegetal de folhas em 2 mL de meio de extração (solução de Ácido Tricloroacético - TCA 1%, p/v), utilizando almofariz e pistilos previamente resfriados. Após a coleta em eppendorf a amostra foi centrifugada 12.000 g durante 15 minutos a 4° C, o sobrenadante (extrato enzimático) foi coletado em novos eppendorfs e reservado em banho de gelo. Na determinação de MDA as tampas dos eppendorfs foram furadas visando evitar a abertura no momento do banho-maria, foi colocado 1,5 mL do meio de reação + TBA (solução de Ácido Tricloroacético - TCA 20% p/v contendo 0,50% de Ácido Tiobarbitúrico – TBA, preparado na hora do uso), e adicionado 500 µL do extrato enzimático (no preparo do branco, no lugar da amostra, foi colocado 500 µL do meio de extração). Os eppendorfs foram colocados em banho-maria à 90° C durante 20 minutos, a reação foi paralisada em banho de gelo durante 1 minuto e centrifugada a 3.000 g por 4 minutos. Foi repetido o mesmo processo com o meio de reação - TBA (solução de Ácido Tricloroacético - TCA 20% p/v). O espectrofotômetro foi zerado com o branco e a leitura das amostras foi feita nos comprimentos de onda de 440, 532 e 600 nm e os resultados foram expressos em nmol g⁻¹ MF.

Na quantificação de MDA foi utilizada metodologia proposta por Hodges *et al.* (1999) em que no cálculo são empregadas as equações:

$$a) [(Abs\ 532+TBA - Abs\ 600+TBA) - (Abs\ 532-TBA - Abs\ 600-TBA)] = A$$

$$b) [(Abs\ 440+TBA - Abs\ 600+TBA) \cdot 0,0571] = B$$

$$c) eq. MDA (nmol\ ml^{-1}) = (A - B / 155000) \cdot 10^6$$

$$Abs = A - B$$

$$MDA = \{ \{ [(Abs/155) \cdot 2] \cdot (VC/VA) \} / MS \} \cdot 1000 = nmol\ g^{-1}\ MS$$

Na determinação de extravasamento de eletrólitos, 10 discos foliares com 1 cm de diâmetro foram previamente lavados (três vezes) e colocados a flutuar em frascos contendo 10 mL de água deionizada. A condutividade elétrica do líquido de suspensão foi lida em condutivímetro após incubação por 6 horas, à temperatura ambiente, sendo expressa em porcentagem da condutividade total. A mesma foi obtida após colocar em frascos contendo os discos foliares em estufa a 90° C, durante 2 horas.

Os níveis de clorofila e de carotenoides antes e após aplicação dos tratamentos. Foram determinados de acordo com a metodologia modificada descrita por Damour *et al.* (2009). Onde 5 discos foliares com diâmetro de 5 mm, foram retirados de cada planta e imediatamente congelados e armazenados a - 4° C, até a realização da análise. Posteriormente as clorofilas e carotenoides foram extraídos por incubação dos discos foliares descongeladas, durante 2 h a 65° C, em 6 mL de DMSO (dimetilsulfóxido). Durante a extração, as amostras foram colocadas em frascos protegidos da luz com propósito de evitar a degradação dos pigmentos. No final do período de incubação, a absorbância de 1 ml de cada amostra foi determinada a 665, 649 e 480nm. As concentrações de clorofila *a*, *b* e carotenoides foram determinadas de acordo com Wellburn (1994) e expressas em base de área foliar. No cálculo das concentrações foram utilizadas as seguintes equações:

$$Ca: 12,19 A_{665} - A_{649} 3,45$$

$$Cb: 21,99 A_{649} - A_{665} 5,32$$

$$\text{Carotenoides} - C_{x+c}: (1.000 A_{480} - 2,14 Ca - 70,16 Cb) / 220$$

A taxa de assimilação líquida do carbono (*A*), a condutância estomática (*g_s*), a taxa de transpiração foliar (*E*) e a concentração intercelular CO₂ (*C_i*) foram medidas por meio do analisador de gases a infravermelho (IRGA – Infrared Gas Analyzer), modelo LI 6400XT (LI-COR, Lincoln, NE, EUA), em sistema aberto, com luz saturante (1000 μmol fótons m⁻² s⁻¹) e pressão parcial constante de CO₂ (40 Pa), concentração de CO₂ de 380 ± 5 μmol mol⁻¹, a 31° ± 1° C, e vapor de H₂O de 21 ± 1 mmol mol⁻¹. A estimativa desses parâmetros foi realizada conforme descrito por Lima *et al.* (2002).

Os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* foram determinados na mesma folha utilizada nas medições de trocas gasosas (após um período de 1 hora de aclimação no escuro), por meio do fluorômetro modulado portátil (MINI-PAM, WALZ). A fluorescência inicial (*F₀*), a fluorescência máxima (*F_M*) e a eficiência

fotoquímica máxima do fotossistema (FS) II (F_v/F_m) foram estimados conforme Baker (2008).

As medições foram realizadas no período da manhã, em folhas completamente expandidas e com bom estado fitossanitário, nas plantas no estágio de comercialização 30% dos frutos maduros, antes e após a imposição dos tratamentos.

As medições de potencial hídrico (Ψ_w) foram realizadas antes e após a imposição dos tratamentos, utilizando a bomba de pressão tipo Scholander no período da antemanhã. A determinação consistiu na coleta de amostras de folhas completamente expandidas e com bom estado fitossanitário, as quais foram colocadas na câmara da bomba de pressão, onde, em seguida, foi aplicada pressão até ocorrer à exsudação pelo corte feito no pecíolo da folha, para a leitura da pressão aplicada (TURNER, 1981).

O experimento foi instalado com 5 repetições, sendo cada unidade experimental constituída por um vaso contendo uma planta. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, onde os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA. As médias dos parâmetros analisados foram agrupados conforme o critério de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade do erro. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011). As médias dos parâmetros analisados também foram submetidas ao erro padrão da média ($n=5$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resposta da variedade 'MG 302' em relação aos tratamentos avaliados consta na tabela 1. Antes da aplicação dos tratamentos não houve diferença significativa das variáveis avaliadas. Após a aplicação dos tratamentos houve diferença significativa nos parâmetros ICHL e IBN. As menores médias foram de ICHL no controle, e nos tratamentos 5°C e 35° C. No IBN as médias foram menores, no controle e no tratamento 35° C (Tabela 1). Karim *et al.* (1999), observou que o estresse de calor transiente de 42° C durante 90 minutos no escuro foi capaz de induzir a degradação da clorofila em milho.

Quanto ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis avaliadas. De acordo com os dados obtidos o estresse hídrico por desidratação não interferiu nos parâmetros avaliados.

A manutenção dos níveis de flavonoides provavelmente foi devido à atividade de proteção da planta em uma condição de estresse. Como a variedade 'MG 302' possui pigmentação arroxeadada nas folhas, pode ser interpretado que as antocianinas (componente do grupo de flavonoides) podem agir como filtros da luz visível e, portanto, com função fotoprotetora (CLOSE e BEADLE, 2003). Antocianinas têm sido associadas com a maior capacidade de fotoproteção em outras espécies, como a *Oxalis triangularis* (LI *et al.*, 2008; NIELSEN e SIMONSEN, 2011). Além disso, as antocianinas poderiam potencialmente diminuir o efeito adverso das ERO's (espécies reativas de oxigênio) agindo como antioxidantes (WANG *et al.*, 1997).

O decréscimo no ICHL e do IBN provavelmente foi consequente do etileno promover aumento na atividade das enzimas clorofilase e oxidases, responsáveis pela degradação da clorofila, convertendo as clorofilas *a* e *b* em fitol e clorofilide (SHIMOKAWA *et al.*, 1978; YAMAUCHI *et al.*, 1997; MATILE *et al.*, 1999).

Tabela 1- IFLV (teores de flavonoides), ICHL (teores de clorofilas totais) e IBN (índice de balanço de nitrogênio) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

Tratamentos	IFLV		ICHL		IBN	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Controle	0,68	0,68	47,24	43,53	72,16	63,46
	±0,03* aA	±0,01* aA	±1,81* aA	±1,91* bA	±5,13* aA	±2,45* bA
5° C	0,62	0,63	49,08	49,18	80,45	79,68
	±0,04* aA	±0,05* aA	±1,44* aA	±1,15* bA	±5,50* aA	±7,01* aA
35° C	0,60	0,67	49,58	47,51	84,50	71,22
	±0,02* aA	±0,02* aA	±1,24* aA	±1,83* bA	±5,32* aA	±3,93* bA
5° C EH	0,62	0,61	49,48	52,51	81,90	86,49
	±0,01* aA	±0,01* aA	±2,01* aA	±3,78* aA	±4,17* aA	±7,08* aA
35° C EH	0,70	0,68	49,29	55,39	71,32	81,70
	±0,03* aA	±0,01* aA	±1,57* aA	±2,91* aA	±4,84* aA	±2,45* aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. * Erro padrão da média (n= 5).

De acordo com Mcmichael *et al.* (1973) e Oosterhuis (1992) o ambiente em que a planta está exposta afeta profundamente tanto a abscisão de folhas, quanto de estruturas reprodutivas. A deficiência hídrica é um dos principais fatores causadores de estresse nas culturas e responsável por alterações nas características de crescimento e produção das plantas (KLAR e JADOSKI, 2002).

Na Tabela 2 foi observado que não houve diferenças significativas quanto as variáveis avaliadas, antes dos estresses, porém, após a aplicação dos tratamentos houve diferença significativa em todas as variáveis avaliadas sendo que as maiores médias de abscisão de folhas, flores e frutos foram observadas no tratamento 35° C EH e 5° C EH (Tabela 2). Em relação ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa em todos os parâmetros nos tratamentos 35° C EH e 5° C EH (Tabela 2).

Nos resultados obtidos, o estresse hídrico interferiu nas variáveis avaliadas (Figura 13), este fato concorda com Klar e Jadoski (2002) que verificaram que as condições de deficiência hídrica afetaram com severidade o metabolismo das plantas,

ocasionando senescência e elevada abscisão de folhas de plantas de pimentão. De acordo com Klippel (2014) a queda de folhas é considerada reação comum das plantas em situação de deficiência hídrica, quando a abscisão foliar é estimulada pela síntese acentuada e maior sensibilidade ao etileno, sendo a resposta precoce e adaptativa a locais onde há limitação hídrica.

Casali (1984) trabalhando com a cultura de pimentão, observou que a disponibilidade hídrica presente no solo constitui fator de extrema importância, pois influencia nas características morfológicas da planta. Em que baixa disponibilidade reduz o número de flores e frutos, além do tamanho dos frutos e acúmulo de matéria seca na planta.

Visando atender os critérios de comercialização de pimenteira ornamental, tendo em mente apenas a redução da percentagem de abscisão foliar, o uso da luz fluorescente ($15-18 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) seria eficiente em reduzir a queda das folhas da variedade BGH 1039, mesmo no transporte em altas temperaturas (CAVATTE, 2012).

Tabela 2 – Abscisão de folhas, frutos e flores de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

Tratamentos	Abscisão de Folhas		Abscisão de Frutos		Abscisão de Flores	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Controle	0,00	3,39	0,00	1,51	0,00	20,14
	±0,00* aA	±0,37* cA	±0,00* aA	±0,98* bA	±0,00*aA	± 2,69 bA
5° C	0,00	5,12	0,00	5,81	0,00	30,43
	±0,00* aA	±0,40* cA	±0,00* aA	±0,91* bA	±0,00* aA	± 3,88 bA
35° C	0,00	6,77	0,00	5,74	0,00	15,53
	±0,00* aA	±0,78* cA	±0,00* aA	±2,14* bA	±0,00* aA	± 2,17 bA
5° C EH	0,00	12,41	0,00	9,15	0,00	47,14
	±0,00* aB	±3,01* bA	±0,00* aB	±1,84* aA	±0,00* aB	±14,0* aA
35° C EH	0,00	18,09	0,00	13,87	0,00	65,16
	±0,00* aB	±2,13* aA	±0,00* aB	±2,39* aA	±0,00* aB	±11,92* aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. * Erro padrão da média (\pm erro padrão) (n= 5).

Antes da aplicação dos Tratamentos

Após a aplicação dos Tratamentos



Figura 13 - Aparência de plantas da variedade 'MG 302', antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

Amido e sacarose são respectivamente, os principais carboidratos de reserva e de transporte encontrados na maioria das plantas (MAGEL *et al.*, 2000) e os carboidratos desempenham diversas funções como fonte de energia (MOALLENBENO *et al.*, 1997), regulador osmótico (BIELESKI, 1993) e precursor metabólico de outras moléculas (SOOD *et al.*, 2006). Elevados níveis de substratos respiratórios reduzem a transpiração das flores e folhas, pois atuam no fechamento dos estômatos e na regulação osmótica dos tecidos (BOROCHOV e WOODSON, 1989; VAN DOORN, 2001).

A resposta da variedade 'MG 302' aos tratamentos consta na figura 14. Antes da aplicação dos tratamentos houve diferença significativa nas variáveis AST e AR. As maiores médias de AST e AR foram observadas no tratamento 5° EH seguido pelo 35° C EH. Após a aplicação dos tratamentos houve diferença significativa quanto a todas as variáveis avaliadas, sendo que as maiores médias de AST, AR, ANR e amido foram observadas no tratamento 35° EH seguido pelo 5° C EH (Figura 14).

Em relação ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve aumento significativo na variável AST e ANR no tratamento 35° C EH, enquanto na variável AR houve decréscimo significativo no tratamento 5° C EH. As médias de amido decresceram nos tratamentos 35° C, 5° C EH e 35° C EH (Figura 14).

Segundo Lara *et al.* (2004) as folhas funcionam como fonte, onde o carboidrato de reserva (principalmente amido) é transformado em açúcar solúvel, principalmente sacarose, que é reduzida por hidrólise pela ação de invertases, liberando açúcares redutores (glicose e frutose), aumentando sua concentração. Tal explicação concorda com os dados obtidos, pois as médias de amido decresceram após a aplicação dos tratamentos, principalmente em 35° C, 5° C EH e 35° C EH.

Foi observado aumento nas médias das variáveis AST, AR e ANR no tratamento 35° C EH. De acordo com Oliver *et al.* (1998) e FARRANT *et al.* (2009) o acúmulo de carboidratos tem sido relatado em todas as plantas resistentes a estresse hídrico estudadas até o momento e é considerado fator de grande importância na tolerância à dessecação.

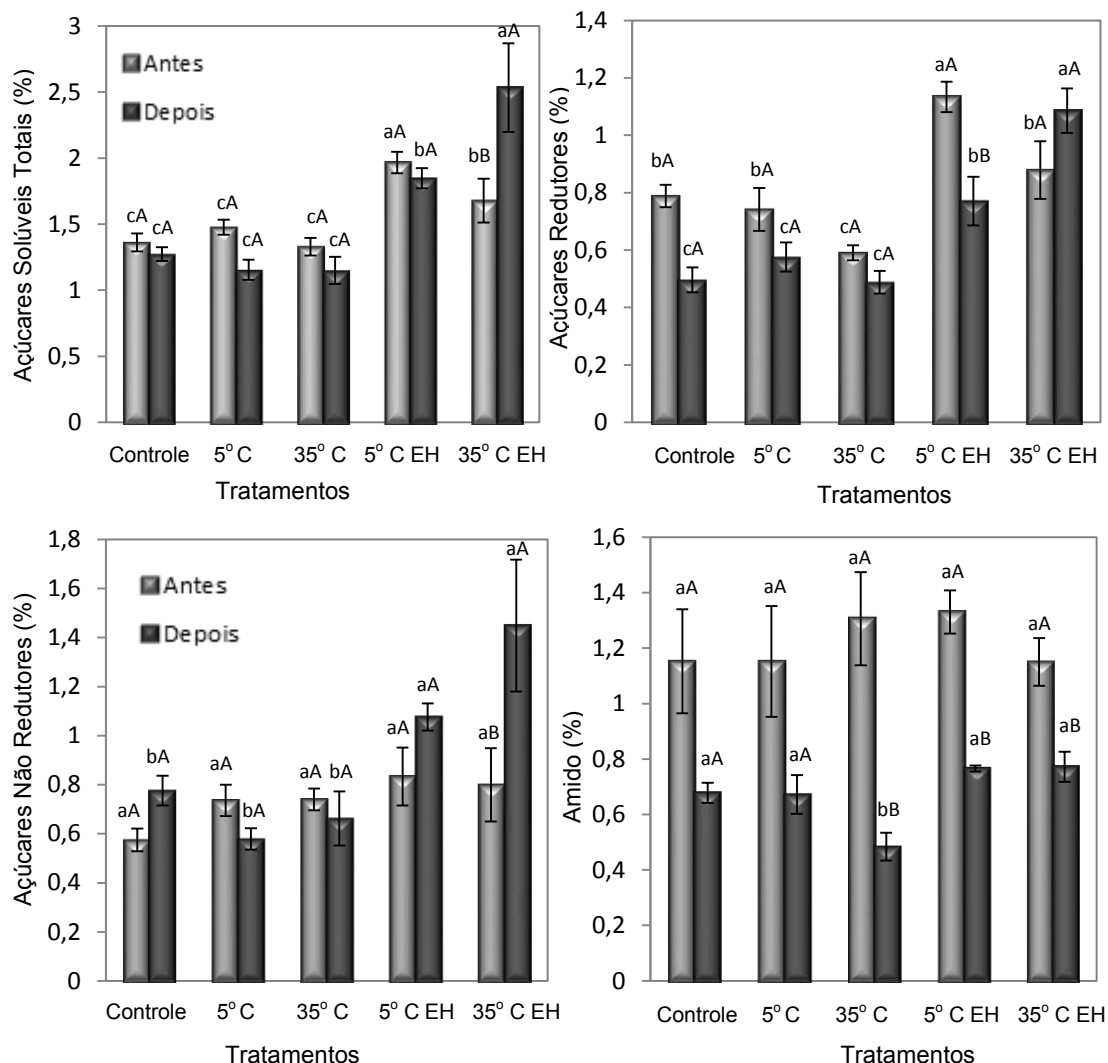


Figura 14 - Açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

As variações importantes observadas durante a senescência das plantas, conforme alguns autores são degradação da clorofila, aumento da produção de etileno, redução na atividade de enzimas antioxidantes, aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio (ROS), e danos na membrana celular (PROCHAZKOVA e WILHELMOVA, 2007). Durante a dessecação há considerável redução do volume celular que pode gerar tensão na bicamada lipídica, resultando em deslocamento das proteínas de membrana, contribuindo com a perda da sua

integridade, rompimento da compartimentalização celular e perda da atividade das enzimas apoplásticas (MAHAJAN e TUTEJA, 2005). Isto aumenta a rigidez da membrana e resulta na fase posterior do vazamento de eletrólitos, água e componentes solúveis afora da célula (YU *et al.*, 1997; LIU *et al.*, 2004; LEE e CHUNG, 2005; GAO *et al.*, 2008).

Antes da aplicação dos tratamentos houve diferença significativa das variáveis extravasamento de eletrólitos e quantificação de MDA, sendo que as maiores médias foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH. Após a aplicação dos tratamentos também houve diferença significativa em ambas as variáveis avaliadas nos tratamentos 35° C, 5° C EH e 35° C EH (Figura15).

Em relação ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa em ambas variáveis avaliadas na maioria dos tratamentos. Foi observado um significativo aumento das médias após a aplicação dos tratamentos e no controle, sendo as maiores médias observadas nos tratamentos 35° C, 5° C EH e 35° C EH (Figura 15). Os dados obtidos são semelhantes aos encontrados por Campos (2009), onde com a imposição do estresse houve aumento significativo de MDA em plantas controle, que atingiram quantidade cerca de duas vezes maior no estresse hídrico severo, em comparação à condição normal de suprimento de água.

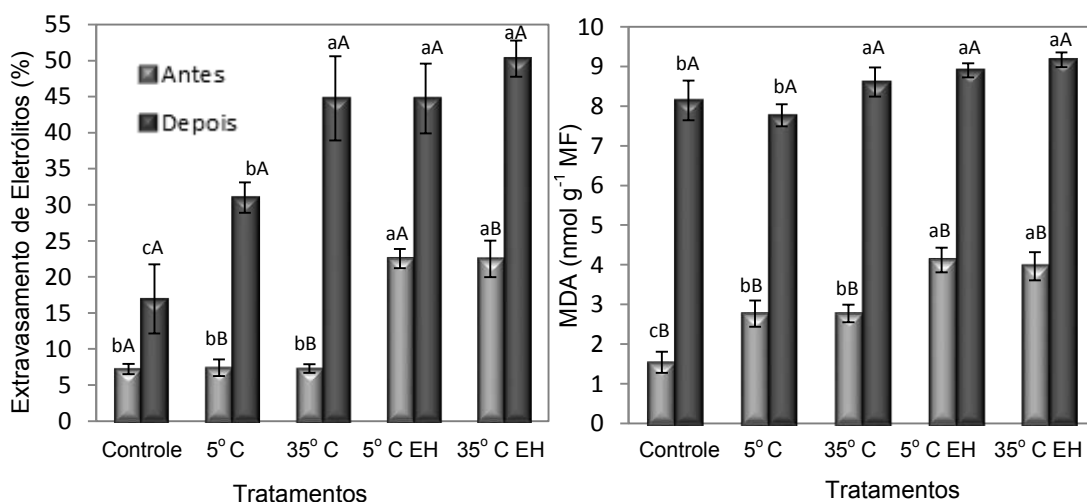


Figura 15 - Extravasamento de eletrólitos e quantificação de MDA (malonaldeído) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

Os pigmentos fotossintéticos, como a clorofila, estão estreitamente relacionados com estresses ambientais (SPITALE, 2009; XUE, *et al.*, 2011), sendo importante para identificar danos ocasionados por estresse hídrico. Sob condições de estresse, as plantas podem alterar o conteúdo dos pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, clorofila *b* e totais) através da indução de mecanismos bioquímicos e estruturais de resistência nas plantas. A síntese de compostos, como espécies reativas de oxigênio (ERO's), resulta em mudanças na translocação do carbono e do nitrogênio que provoca alterações no sistema fotossintético (ALDEA *et al.*, 2006).

Antes da aplicação dos tratamentos não houve diferença significativa nas variáveis clorofila *a*, *b*, totais e razão clorofila *a/b*. Após a aplicação dos tratamentos houve diferença significativa quanto a clorofila *a* e totais, em que as menores médias foram observadas nos tratamentos 5° C, 5° C EH e no controle (Figura 16).

Em relação ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa na clorofila *a* e totais havendo decréscimo dessas variáveis nos tratamentos 5° C, 5° C EH e no controle (Figura 16).

De acordo com os resultados obtidos, as condições de estresse não influenciaram na degradação da clorofila *b*. A clorofila *b* é considerada um pigmento acessório, que auxilia na absorção de luz e na transferência de energia radiante para os centros de reação (TAIZ e ZEIGER, 2013),

Os dados referentes à razão clorofila *a/b*, foram semelhantes aos de Faria (2011) que observou que a clorofila *a* esteve presente em concentrações maiores nas plantas, próximas a proporção de 3:1 em relação à clorofila *b*, mostrando que as plantas estavam em condições adequadas quanto aos teores deste pigmento.

Foi observado um ligeiro aumento nas variáveis clorofila *a* e totais nos tratamentos 35° C e 35° C EH. Este fato concorda com a citação de Aidar (2005) e Dinakar *et al.* (2012) em que os cloroplastos são particularmente sensíveis a danos oxidativos e quando se trata de tolerância à dessecação, além de produção de antioxidantes, o conteúdo de clorofila é mantido após a dessecação, para evitar a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO's).

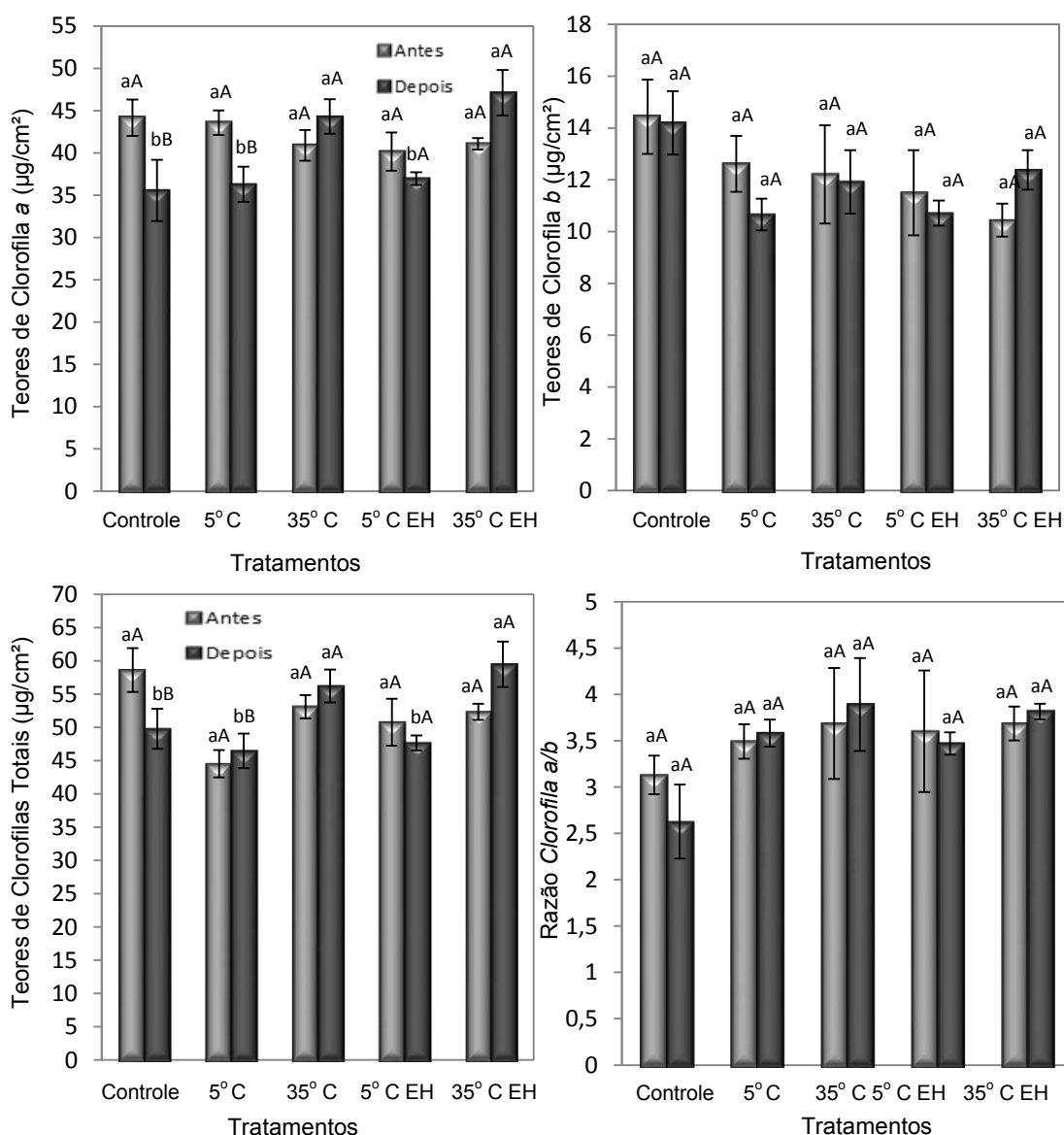


Figura 16 - Teores de Clorofila *a*, *b* e totais e razão clorofila *a/b* de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

Sob condições de estresses ambientais, os pigmentos carotenoides podem atuar na dissipação de energia na forma de calor e consequente ação antioxidante e de foto-proteção (BECKETT *et al.*, 2012) através do ciclo das xantofilas.

Nas plantas avaliadas, antes da aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa quanto a carotenoides no tratamento 5° C. Após a aplicação dos tratamentos houve diferença significativa, com as maiores médias são observadas nos

tratamentos 35° C e 35° C EH (Figura 17). Em relação ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa, havendo um decréscimo no controle e acúmulo de carotenoides no tratamento 35° C EH (Figura 17).

Em razão dos carotenoides também atuarem na proteção contra danos causados pela formação de espécies reativas de oxigênio - ERO's (DINAKAR *et al.*, 2012), a manutenção do conteúdo de carotenoides não é resposta recorrente em plantas resistentes à dessecação, assim em condições de déficit hídrico ocorre degradação parcial do conteúdo de carotenoides tal como ocorreu em *M. flabellifolius* e *X. viscosa*, e em *C. wilmsii*, os teores de carotenoides foram constantes durante a dessecação (SHERWIN e FARRANT, 1996).

De acordo com os dados obtidos, houve acréscimo de pigmentos carotenoides no tratamento 5°C concordando com Mattituz *et al.*, (2010) em flores de *Oncidium varicosum* 'Samurai', armazenadas a 5° C, apresentavam melhor manutenção do conteúdo de carotenoides. Houve também acréscimo no tratamento 35° C EH, concordando com Karim *et al.* (1999) em folhas de milho menos danificadas, o estresse por calor induzida a síntese de pigmentos carotenoides.

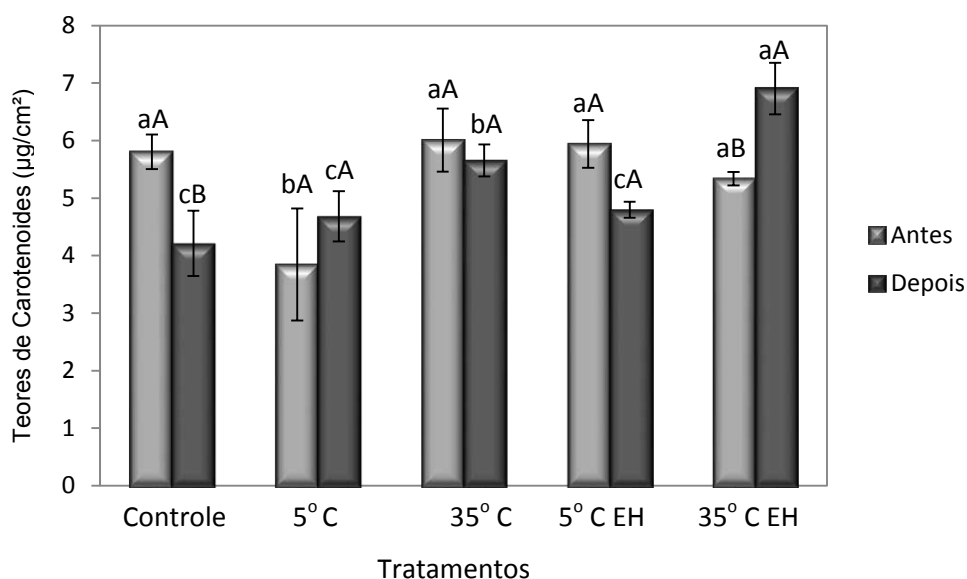


Figura 17 - Teores de carotenoides de plantas da variedade 'MG 302', antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

As trocas gasosas atuam no balanço energético das folhas, participando da regulação da temperatura, viabilizando processos fisiológicos das plantas e de adaptação destas ao ambiente (PINCELLI, 2010).

Antes da aplicação dos tratamentos houve diferença significativa nos valores de A , g_s e E , as menores médias foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH. Após a aplicação dos tratamentos também houve diferença significativa em todos parâmetros, as menores médias foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH (Figura 18). Quanto ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa em todos os parâmetros avaliados, com decréscimo significativo dessas variáveis no controle e no tratamento 5° C (Figura 18).

A fotossíntese ocupa a posição central na biossíntese de plantas fornecendo a ligação entre o metabolismo interno da planta e o ambiente externo (GLYNN *et al.*, 2003). As menores médias de A (taxa de fotossíntese líquida) foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH. Estes dados concordam com Barth *et al.* (2001) e Bertamini e Nedunchezian (2003) que em condições severas de estresse, a capacidade dos mecanismos protetores pode ser insuficiente, podendo acarretar na redução da taxa fotossintética.

Segundo Angelopoulos *et al.* (1996), a condutância estomática limita a fotossíntese em condições moderadas de estresse hídrico, mas, em condições severas, a fotossíntese seria limitada por fatores bioquímicos. De acordo com os dados obtidos, as menores médias de g_s (condutância estomática) foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH, enquanto o tratamento 5° C e controle mostraram reduções significativas nos valores de g_s . Essas reduções podem estar associadas com aumentos na concentração de ABA, originado pelas raízes em contato com o solo seco (STOLL *et al.*, 2000) e aumento do pH da seiva do xilema, responsáveis pelo fechamento estomático em condições de estresse hídrico (DAVIES *et al.*, 1990).

As menores médias de E (taxa de transpiração) foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH, enquanto o tratamento 5° C causou redução significativa no valor de E . De acordo com Larcher (2000), em situações de escassez das reservas hídricas do solo, as plantas tendem a reduzir a transpiração, com diminuição da abertura estomática e do tempo em que os estômatos permanecem abertos. Através desse processo a condutância estomática e conseqüentemente a transpiração são reduzidas.

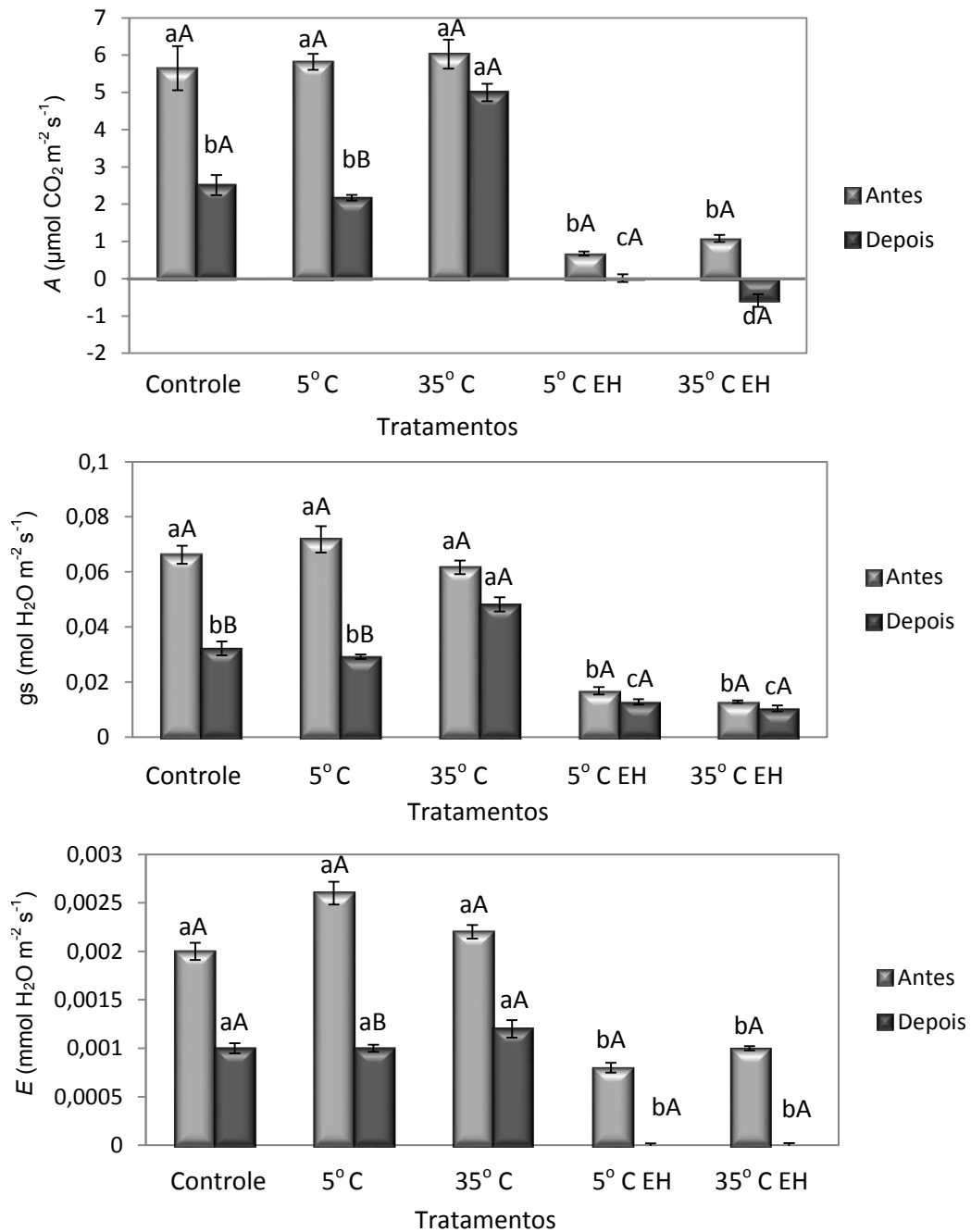


Figura 18 - A (taxa de fotossíntese líquida), gs (condutância estomática) e E (taxa de transpiração) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

O desenvolvimento e longevidade das plantas envasadas, aparentemente é devido, pelo menos em parte, aos efeitos na assimilação líquida do carbono e/ou ao controle da translocação e partição de hidratos de carbono (GAGO, 2008).

Antes da aplicação dos tratamentos houve diferença significativa nos parâmetros C_i e C_i/C_a , onde as maiores médias foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH. Após a aplicação dos tratamentos também houve diferença significativa em ambos os parâmetros, onde a maior média foi observada no tratamento 35° C EH (Figura 19). Em relação ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa em ambos os parâmetros avaliados, havendo aumento significativo nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH (Figura 19).

De acordo com Cornic (2000), a diminuição da concentração interna de CO_2 no sítio de carboxilação da enzima RUBISCO resulta na limitação da fotossíntese. Tanto C_i como C_i/C_a aumentaram durante a aplicação dos tratamentos 5° C EH e 35° C EH, significando que esses estresses causaram limitação bioquímica na fotossíntese, pois quando C_i aumenta com o decréscimo de g_s , a redução de A indica que essa limitação não é devida apenas a fatores estomáticos, pois a planta não está consumindo o CO_2 absorvido, indicando uma diminuição na eficiência de carboxilação (FARQUHAR e SHARKEY, 1982; NASCIMENTO, 2009; ROZA, 2010).

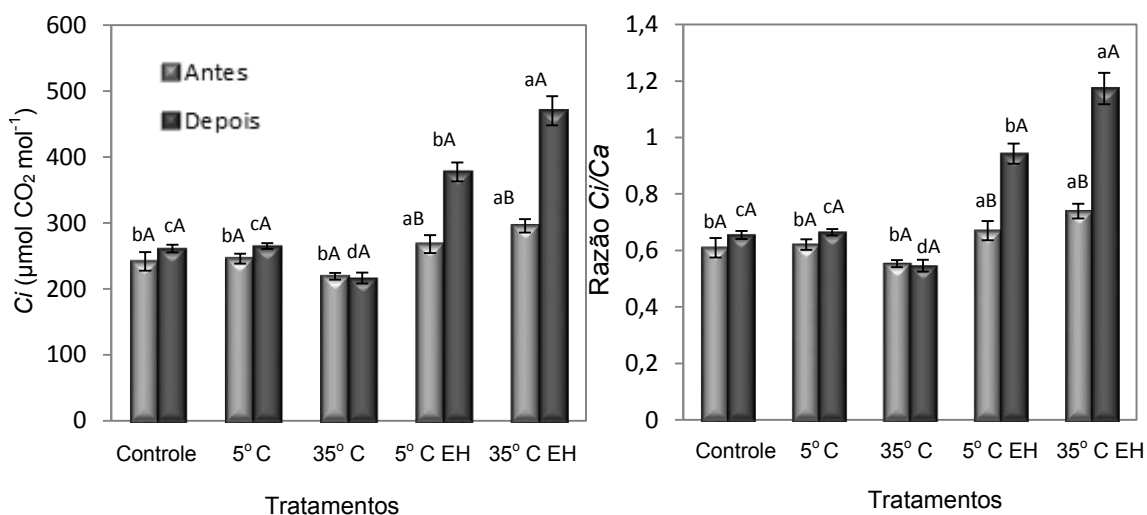


Figura 19 - C_i (concentração de CO_2 nos espaços intercelulares) e C_i/C_a (razão entre concentração de CO_2 nos espaços intercelulares e no ambiente) de plantas da variedade ‘MG 302’, antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

A fotoinibição é manifestada pela queda na eficiência fotoquímica do fotossistema (FS) II (PANDEY *et al.*, 2005), que pode ser avaliada pela razão entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima (F_v/F_m) da clorofila *a* (KRAUSE e WEISS, 1991). Essa razão pode ser usada como indicador sensível do desempenho fotossintético das plantas (MAXWELL e JOHSON, 2000), com valores ótimos em torno de 0,80 - 0,83, medidos em várias espécies vegetais (BJÖRKMAN e DEMMING, 1987).

Nas plantas avaliadas antes da aplicação dos tratamentos houve diferença significativa no parâmetro F_v/F_m no tratamento 35° C EH antes e após a aplicação dos tratamentos (Figura 20). Quanto ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, não houve diferença significativa nos tratamentos avaliados.

Nas plantas do tratamento 35° C EH houve os menores valores de F_v/F_m (cerca de 0,78) discordando dos dados obtidos por Bolhàr-Nordenkampf *et al.* (1989) em que dois clones de *Eucalyptus* sob deficiência hídrica possuíam rendimento quântico máximo do PS II semelhantes e compreendidos entre os valores considerados não estressantes, evidenciando que a condição de estresse não foi causou danos ao aparato fotoquímico da fotossíntese no PS II. Epron e Dryer (1990) trabalhando com três espécies de carvalho (*Quercus petraea*, *Q. pubescens* e *Q. ilex*) também não detectaram reduções na eficiência fotoquímica do fotossistema II em plantas em déficit hídrico.

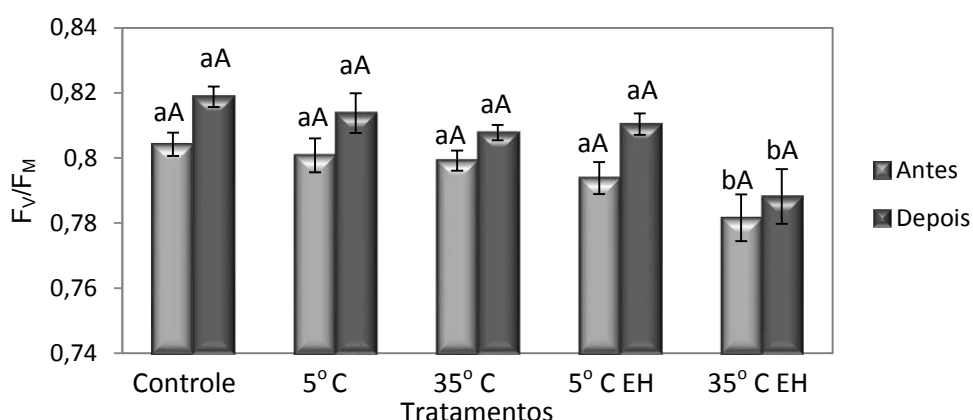


Figura 20 - F_v/F_m (rendimento quântico máximo do PSII) de plantas da variedade 'MG 302', antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

Vários parâmetros têm sido estudados para avaliar a resposta das espécies vegetais ao estresse hídrico, destacando-se o potencial hídrico foliar (MORGAN, 1991). O potencial de água na folha (Ψ_w) diminui com o declínio da disponibilidade de água no solo, levando à perda da turgescência e induzindo também ao fechamento estomático, e tais respostas diferenciam entre espécies (MANSUR e BARBOSA, 2000; TAVARES, 2009). Segundo Boyer (1978), os valores aproximados de potenciais de água letais para algumas espécies vegetais, variam de -1,4 em tomateiro a -6,0 Mpa em acácia.

Houve diferença significativa para o parâmetro Ψ_w onde as menores médias foram observadas nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH, antes e após a aplicação dos tratamentos (Figura 21). Em relação ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, houve diferença significativa também nos tratamentos 5° C EH e 35° C EH (Figura 21).

Os potenciais hídricos mais negativos foram observados nos tratamentos 5° C EH (-2,25 MPa) e 35° C EH (-3,1 MPa). Estes resultados concordam com Nogueira *et al.* (2001) em que os valores mínimos de Ψ_w ocorreram em plantas sob estresse hídrico severo. Prado (1991) trabalhando com plantas jovens de *Copaifera langsdorffii* em estresse hídrico induzido artificialmente, observou redução no potencial osmótico do controle para o tratamento estressado de -1,89 MPa para -2,05 MPa, respectivamente.

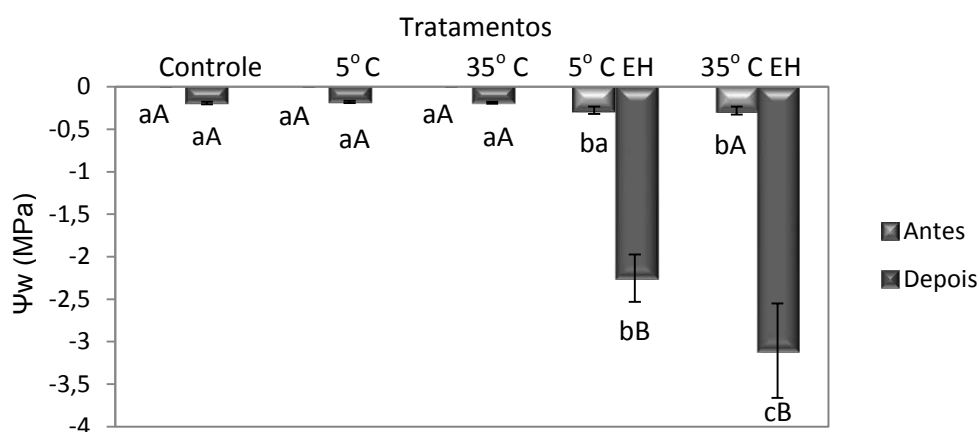


Figura 21- Ψ_w (potencial hídrico - MPa) de plantas da variedade 'MG 302', antes e após os tratamentos: controle, baixa temperatura (5° C), alta temperatura (35° C), baixa temperatura com estresse hídrico (5° C EH) e alta temperatura com estresse hídrico (35° C EH).

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si nos os tratamentos avaliados, e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre o período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos. As médias foram comparadas entre si pelo critério de Scott Knott, a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o erro padrão da média (n= 5).

4. CONCLUSÕES

- No tratamento com 5° C e no controle houve decréscimos no ICHL (teores de clorofilas totais) e IBN (índice de balanço de nitrogênio) após a aplicação dos tratamentos, provavelmente devido à degradação da clorofila, enquanto os teores de IFLV (teores de flavonoides) mantiveram estáveis. Quanto ao período anterior e posterior à aplicação dos tratamentos, não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis avaliadas;
- A porcentagem de abscisão de folhas, flores e frutos aumentou significativamente após a aplicação dos tratamentos 5° C EH e 35° C EH, provavelmente devido ao estresse hídrico que modifica o metabolismo das plantas e pode causar danos severos;
- Nos tratamentos com estresse hídrico foram observados os maiores valores de carboidratos (AST, AR, ANR e amido), provavelmente devido a um ajustamento osmótico devido à condição estressante;
- Os valores de extravasamento de eletrólitos e quantificação de MDA aumentaram consideravelmente após a aplicação dos tratamentos avaliados, porém os danos celulares foram mais expressivos nos tratamentos 35° C, 5° C EH e 35° C EH;
- Em relação aos pigmentos, a concentração de clorofila *a* e totais foi mantida estável nos tratamentos com alta temperatura, enquanto o tratamento 35° C EH apresentou um elevado acúmulo de carotenoides, provavelmente devido à ação foto protetora dos carotenoides em condições de estresse;
- A fotossíntese (*A*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*) e potencial hídrico (Ψ_w) diminuíram significativamente nos tratamentos com estresse hídrico, enquanto nesses mesmos tratamentos houve aumento da concentração interna de CO₂ e razão *C_i/C_a*. Sugerindo que a condição estressante provocou mudanças no metabolismo das plantas limitando os processos bioquímicos;
- O Tratamento 35° C EH provocou menor eficiência fotoquímica do fotossistema II (*F_v/F_m*), sugerindo que a condição de estresse hídrico comprometeu o desempenho do aparato fotossintético.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, S. T. 2005. 50p. **Tolerância à dessecação em *Pleurostima purpurea* (Velloziaceae): trocas gasosas, pigmentos fotossintéticos e conteúdo relativo de água foliar.** Dissertação (Mestrado em Ciências – Fisiologia e bioquímica de plantas) - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo.
- ALDEA, M.; HAMILTON, J. G.; ZANGERL, A. R.; BERENBAUM, M. R.; FRANK, T. D.; DELUCIA, E. H. Comparison of photosynthetic damage from arthropod herbivory and pathogen infection in understory hardwood saplings. **Oecologia**, Berlin, v.149, p.221-232, 2006.
- ANGELOPOULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Inhibition of photosynthesis in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. **Journal of Experimental Botany**, v.47, n.301, p.1.093-1.100, 1996.
- BAKER, N. R. A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. **Physiologia Plantarum**, v.81, n.4, p.563-70, 1991.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Physiology**, v.59, p.89-113, 2008.
- BARTH, C.; KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Response of photosystem I compared with photosystem II to high-light stress in tropical shade and sun leaves. **Plant Cell Environ**, v.24, p.163-176, 2001.
- BECKETT, W.; LORETO, F.; VELIKOVA, V.; BRUNETTI, C.; FERDINANDO, M.; TATTINI, M.; CALFAPIETRA, C.; FARRANT, J. M. Photosynthetic limitations and volatile and nonvolatile isoprenoids in the poikilo chlorophyllous resurrection plant *Xerophyta humilis* during dehydration and rehydration. **Plant Cell and Environmental**, v.35, p.2061–2074, 2012.
- BERTAMINI, M.; NEDUNCHEZHIAN, N. Photoinhibition of photosynthesis in mature and young leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Plant Science**, v.164, p.635-644, 2003.
- BIELESKI, R. L. Fructan hydrolysis drives petal expansion in the ephemeral daylily flower. **Plant Physiology**, v. 103, p. 213-19. 1993.
- BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 k among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.61-66, 1987.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G.. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

- BOROCHOV, A.; WOODSON, W. R. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. **Horticultural Reviews**, v.11, p.15-43, 1989.
- BOYER, J. S. **Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski, T.T. (ed.) Water deficits and plant growth.** New York: Academic Press, v.4, p.154-191, 1978.
- CAKMAK, C. J.; HORST, W. J. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiologia Plantarum**, v.83, p.463-468, 1991.
- CAMPOS, M. K. F. **Relações hídricas, trocas gasosas e atividade de enzimas antioxidantes em plantas transgênicas de citrumelo ‘Swingle’ com alto acúmulo de prolina submetidas ao déficit hídrico.** 2009. 122f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- CASALI, V. W. D. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.113, p.8-10, 1984.
- CAVATTE, R. P. Q. 2012, 74f. **Longevidade de pimentas ornamentais (*Capsicum annum* L.) sob estresse de temperatura e luz.** Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2012.
- CLOSE, D. C.; BEADLE, C. L. The ecophysiology of foliar anthocyanin. **The Botanical Review**, v.69, p.149-161, 2003.
- CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**, v.5, n.5, p.187-188, 2000.
- COUEY, H. M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. **Journal of the American Society for Horticulture e Science**, Mount Vernon, v.17, n.2, p.162-165, 1982.
- DAMOUR, G.; VANDAME, M.; URBAN, L. Long-term drought results in a reversible decline in photosynthetic capacity in mango leaves, not just a decrease in stomatal conductance. **Tree Physiology**, v.29, p.675-684, 2009.
- DAVIES, W. J.; MANSFIELD, T. A.; HETHERINGTON, A. M. Sensing of soil water status and the regulation of plant growth and development. **Plant Cell and Environment**, v.13, n.7, p.709-719, 1990.
- DINAKAR, C.; DJILIANOV, D.; BARTELS, D. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**.v.182, p.29-41, 2012.
- DJANAGUIRAMAN, M.; SHEEBA, J.A.; DEVI, D. D., BANGARUSAMY, U. Cotton leaf senescence can be delayed by nitrophenolate spray through enhanced antioxidante defense system. **Journal Agronomy Crop Science**, v.195, p.213-224, 2009.
- DU, W.; BRAMLAGE, J. Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts *Zhanyuan*. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.40, n.9, p.1.566-1.570, 1992.

- DUBOIS, M. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**, v.28, p.350-356, 2001.
- EPRON, D.; DRYER, E. Stomatal and non stomatal limitation of photosynthesis by leaf water deficits in three oak species: a comparison of gas exchange and chlorophyll a fluorescence data. **Annales des Sciences Forestières**, v.47, n.5, p.435-450, 1990.
- FARIA, O. A. **Conservação pós colheita de orquídeas de corte**. 2011. 57f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - IAC - Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo.
- FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.317-345, 1982.
- FARRANT, J. M.; LEHNER, A.; COOPER, K.; WISWEDEL, S. Desiccation tolerance in the vegetative tissues of the fern *Mohria caffrorum* seasonally regulated. **The Plant Journal**, v.57, p.65-79, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1.039-1.042, 2011.
- GAGO, C. M. **Indicadores precoces de longevidade em Buganvília envasada**. 2008. 195f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Universidade do Algarve, Faro.
- GAJANAYAKE, B.; TRADER, B. W.; REDDY, K. R.; HARKESS, R. L. Screening Ornamental Pepper Cultivars for Temperature Tolerance Using Pollen and Physiological Parameters, **HortScience**, v.46, n.6, p.878-884, 2011.
- GAO, Q. H.; XU, K.; WANG, X. F.; W, Y. Effect of grafting on cold tolerance in eggplant seedlings. **Acta Horticulturae**, v.771, p.167-174, 2008.
- GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture Urbana**, v.29, p.61-65, 2003.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G.. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em variedade de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.378-386, 2010.
- GONZAGA, A. R.; MOREIRA, L. A.; LONARDONI, F.; FARIA, R. T. Longevidade pós-colheita de inflorescências de girassol afetada por nitrato de prata e sacarose. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.7, n.1, p.73-77, 2001.
- HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics**, v.125, p.189-198, 1968.

- HODGES, D. M.; DELONG, J. M.; FORNEY, C. F.; PRANGE, R. K. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**, v.207, p.604-611, 1999.
- IBRAFLOR. Critérios de Classificação de Pimenta Ornamental, Veiling® Holambra. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=112>>. Acesso em: 20 jan. 2015.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETS, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância sócio econômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.14, p.37-52, 2008.
- KARIM, M. A., FRACHEBOUD, Y.; STAMP, P. Photosynthetic activity of developing leaves of *Zea mays* is less affected by heat stress than that of developed leaves. **Plant Physiology**, v.105, p.685-693, 1999.
- KLAR, A. E.; JADOSKI, S. O. Efeitos da irrigação e da cobertura do solo por polietileno preto sobre as características morfológicas do pimentão. *Irriga, Botucatu*, v. 7, n.3, p.154-167, 2002.
- KLIPPEL, V. H.; PEZZOPANE, J. E. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; TOLEDO, J. V. Impacto da deficiência hídrica no crescimento inicial de eucalipto. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.23, n.1, p.18-29, 2014.
- KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology**. *Plant Molecular Biology*, v.42, p.313-349, 1991.
- LARA, M. E. B.; GARCIA, M. C. G.; FATIMA, T.; EHNEBB, R.; LEE, T. K.; PROELSA, R.; TANNERB, W.; ROITSCHA, T. Extracellular invertase is an essential component of cytokinin-mediated delay of senescence. **The Plant Cell**, v.16, p.1.276-1.287, 2004.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.
- LEE, S. H.; CHUNG, G. C. Sensitivity of root system to low temperature appears to be associated with the hydraulic properties through aquaporin activity. **Scientia Horticulturae**. v.105, p.1-11, 2005.
- LI, N.; LIU, J. H.; ZHANG, J.; YU, B.Y. Comparative evaluation of cytotoxicity and antioxidative activity of 20 flavonoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.3.876-3.883, 2008.
- LIMA, A. L. S.; DAMATTA, F. M.; PINHEIRO, H.A.; TOTOLA, M.R.; LOUREIRO, M. E. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v.47, p.239-247, 2002.
- LIU, X.; HUANG, B. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass. **Crop Science**, v.40, p.503-510, 2000.

- LIU, H. Y.; ZHU, Z. J.; LÜ, G. Effect of low temperature stress on chilling tolerance and protective system against active oxygen of grafted watermelon. **Chinese Journal Applied Ecology**, v.15, p.659-662, 2004.
- MAGEL, E.; EINING, W.; HAMPP, R. Carbohydrates in trees. *In*: A. K. Gupta, N. Kaur. Carbohydrates reserves in plants – synthesis and regulation. **Developments in Crop Science**, 2000. p.317-336.
- MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity and drought stress: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.444, p.139-158, 2005.
- MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton**, Buenos Aires, n. 68, p. 97-106, 2000.
- MATILE, P.; HÖRTENSTEINER, H.; THOMAS, H. Chlorophyll degradation. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.67-95. 1999.
- MATTIUZ, C. F. M.; RODRIGUES, T. J. D.; MATTIUZ, B. H.; DE PIETRO, J.; MARTINS, R. N. Armazenamento refrigerado de inflorescências cortadas de *Oncidium varicosum* ‘Samurai’. **Ciência Rural**, v.40, n.11, 2010.
- MAXWELL C.; JOHNSON, G. M. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.51, p.659-668, 2000.
- MAYAK, S.; TIROSH, T.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.42, p.565-572; 2004.
- McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; et al. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, p.1.156-1.158, 1950.
- MCMICHAEL, B. L.; JORDAN, W. R.; POWELL, R. D. An effect of water stress on ethylene production by intact cotton petioles. **Plant Physiology**, Baltimore, v.49, p.658-660, 1973.
- MOALEM-BENO, D.; TAMARI, G.; LEITNER-DAGAN, BOROCHOV, A.; WEISS, D. Sugar-dependent gibberellin-induced chalcone synthase gene expression in *Petunia corollas*. **Plant Physiology**, v.13, p.419-424, 1997.
- MORAES, P. J.; CECON, P. R. FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; ALVARES, V. S. Efeito da refrigeração e do condicionamento em sacarose sobre a longevidade de inflorescências de *Strelitzia reginae* Ait. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.5, n.2, p.151-156, 1999.
- MORGAN, J.M. Adaptation to water deficits in three grain legume species. Mechanisms of turgor maintenance. **Field Crops Research**, v.29, p.91-106, 1991.
- NASCIMENTO L. J. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas de jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse**

- hídrico**. 2009. 110f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia.
- NELSON, N. A. Photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-380, 1944.
- NIELSEN, S. L.; SIMONSEN, A. M. Photosynthesis and photoinhibition in two differently coloured varieties of *Oxalis triangularis* – the effect of anthocyanin content. **Photosynthetica**, v.49, p.346-352, 2011.
- NOCTOR, G.; FOYER, C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.49, p.249-279, 1998.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A.; NETO, E. B. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.1, p.75-87, 2001.
- ROZA, F. A. **Respostas morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L., submetidas à deficiência hídrica**. 2010. 81f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia.
- OLIVER, M. J.; WOOD, A. J.; MAHONY, P. O. “To dryness and beyond” –preparat Hion for the dried state and rehydration in vegetative desiccation-tolerant plants. **Plant Growth Regulation**, v.24, p.193-201, 1998.
- OOSTERHUIS, D. M. Growth and development of a cotton plant. Fayetteville: University of Arkansas Cooperative Extension Service, 1992. 24 p.
- PANDEY, D. M.; KANG, K. H.; YEO, U. D. Effects of excessive photon on the photosynthetic pigments and violaxanthin de-epoxidase activity in the xanthophylls cycle of spinach leaf. **Plant Science**, v.168, p.161-166, 2005.
- PINCELLI, R. P. **Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
- PRADO, C. H. B. A. 1991. 93f. **Trocas gasosas em planta jovem de *Copaifera langsdorffii*, Desf., durante estresse hídrico induzido artificialmente por ausência de rega**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.
- PROCHAZKOVA, D., WILHELMOVA, N. Leaf senescence and activities of the antioxidant enzymes. **Biologia Plantarum**, v.51, p.401-406, 2007.
- RUDNICKI, R. M.; GOZCZYNSKA, D. M.; TOMASZ, R. Bud opening and long term storage of spray carnations. **Acta Horticulturae**, v.261, p.265-70, 1989.

- SEREK, M.; TROLLE, L. Factors affecting quality and post-production life of *Exacum affine*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.86, n.1, p.49-55, 2000.
- SIDDIKKEE, M. A.; CHAUHAN, O. S.; TONGMIN, S. A. Regulation of ethylene biosynthesis under salt stress in Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase producing halotolerant bacteria. **Plant Growth Regulation**, v.10, p.1-8, 2011.
- SHERWIN, H. W.; FARRANT, J. M. Differences in rehydration of three desiccation tolerant angiosperm species. **Annals of Botany**, v.79, p.703-710, 1996.
- SHIMOKAWA, K.; SHIMADA, S.; YAEAO, K. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. **Scientia Horticulturae**, v.8, n.2, p.129-135, 1978.
- SOOD, S., VYVAS, D. Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. **Scientia Horticulturae**, v.108, p. 390-396, 2006.
- SPITALE, D. Spatial distribution of bryophytes along a moisture gradient: an approach using photosynthetic pigments as indicators of stress. **Ecological Resource**, v.24, p.1.279-1.286, 2009.
- STOLL, M.; LOVEYS, B.; DRY, P. Hormonal changes induced by partial root zone drying of irrigated grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v.51, n.350, p.1.627-1.634, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.
- TAVARES, A. C. S. **Sensibilidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ao excesso de água no solo**. 2009. 220f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo.
- TURNER, N.C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**, v.58, p.339-366, 1981.
- VAN DOORN, W. G. Role of soluble carbohydrates in flower senescence: a survey. **Acta Horticulturae**, v.543, p.179-183, 2001.
- WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.5, p.304-309, 1997.
- WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal Plant Physiology**, v.144, p.307-313, 1994.
- XUE, L. L.; ANJUM, S. A.; WANG, L. C.; SALEEM, M. F.; LIU, X. J.; IJAZ, M. F., BILAL, M. F. Influence of straw mulch on yield, chlorophyll contents, lipid peroxidation and antioxidant enzymes activities of soybean under drought stress. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.9, n.2, p.699-704, 2011.

- YAMAUCHI, N.; AKIYAMA, Y.; KAKO, S.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation in Wase satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, v.71, n.1/2, p.35-42, 1997.
- YU, X.; XING, Y.; MA, H.; WEI, M.; FENG, X. 1997. Study on the low temperature tolerance in grafted cucumber seedlings. **Acta Horticulturae**, v.24, n.4, p.348-352, 1997.

CONCLUSÕES GERAIS

A longevidade de pimenteiras ornamentais nas fases de desenvolvimento pode ser aumentada com o uso de inibidores de etileno. O STS inibe drasticamente a queda das folhas nas fases de início de floração e comercialização. Porém o pré-tratamento com STS e posterior exposição das plantas ao etileno pode desencadear efeito fitotóxico nas plantas. A efetividade do 1-MCP depende da variedade e das condições de luminosidade impostas às plantas, nas condições em que foram instaladas o experimento o uso de $1 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-metilciclopropeno (1-MCP) e 1-MCP + Etileno foi eficiente em retardar os efeitos deletérios do etileno apenas na variedade 'MG 302'.

Na pós-produção de plantas da variedade 'MG 302', que as variáveis morfológicas e fisiológicas que indicam estresses comprometedores da durabilidade comercial, foram mais influenciadas pelo estresse hídrico ao quais as plantas foram submetidas do que pelas temperaturas de armazenamento, onde a alta temperatura combinada a estresse hídrico causa severa perda de qualidade nas plantas em pouco tempo. A irrigação das plantas antes do transporte ou armazenamento é essencial na manutenção da qualidade ornamental das plantas no transporte.