

MILENA MARIA TOMAZ DE OLIVEIRA

**RESPOSTA AO ETILENO E AÇÃO DO 1-MCP E DO STS NA
LONGEVIDADE DE PIMENTEIRAS 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

O48r
2015
Oliveira, Milena Maria Tomaz de, 19-
Resposta ao etileno e ação do 1-MCP e do STS na
longevidade de pimenteiros ornamentais / Milena Maria Tomaz
de Oliveira. – Viçosa, MG, 2015.
xiii, 69f. : il. ; 29 cm.

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

1. *Capsicum annuum*. 2. *Capsicum frutescens*. 3. Plantas -
Efeito do etileno. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Biologia. Programa de Pós-graduação em
Fisiologia Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 583.952

MILENA MARIA TOMAZ DE OLIVEIRA

**RESPOSTA AO ETILENO E AÇÃO DO 1-MCP E DO STS NA
LONGEVIDADE DE PIMENTEIRAS 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)

*À minha querida mãe Irene Tomaz de
Oliveira, pelo amor e dedicação;
À minha avó, Irene Alves de Oliveira
(in memoriam) por ter me concedido
uma de suas maiores dádivas: a
“criação”;
Ao meu tio, Miguel Tomaz de
Oliveira, por seu exemplo fiel de Pai,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua infinita bondade me proporciona sabedoria, fé e perseverança frente às dificuldades encontradas ao longo de minha jornada.

À minha mãe Irene, aos meus irmãos Ana Cláudia e Francisco Eduardo e ao meu padrasto Luís Gomes, por estarem ao meu lado em todos os momentos, por se fazerem tão presentes em minha vida seja qualquer que for a circunstância, por sempre acreditarem em minha capacidade e perseverança, pelo incentivo, apoio, compreensão e amor, agradeço.

Aos meus tios Miguel, Aldenor, Raimunda e Maria José e aos meus primos (Lucirene, em especial, pelo exemplo de vitória ao longo de sua caminhada).

A todos os meus amigos e colegas desde a infância até os dias atuais, aqui representados na figura de Thayane Rabelo Braga, agradeço.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, pelo berço de sabedoria durante este Mestrado, contribuindo para meu engrandecimento profissional, agradeço.

Ao Prof. Fernando Luiz Finger, pela acolhida, apoio e orientação, os quais foram de grande importância na contribuição de minha formação, agradeço.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

À toda equipe do Laboratório de Fisiologia e Pós-Colheita, em especial aos amigos Wellington, Lucas, Aquidauana, Prof. Mário Puiatti, Geraldo, Sebastião, José Maurício e Clebson, pelo auxílio na execução do projeto e pelos ensinamentos compartilhados durante esse período e aos membros da banca, Teresa Drummond e Vicente Casali, pela acolhida e pelas contribuições, agradeço.

À querida Paulinha Lima, por ser esta pessoa admirável à qual tive o prazer de dividir vários momentos, pelo auxílio durante a condução dos experimentos, pela amizade, companheirismo e apoio incondicional em todos os momentos, agradeço.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão de mais esta etapa em minha vida, meu mais sincero, Obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS.....	8
CAPITULO I.....	13
RESUMO	14
ABSTRACT	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1. Localização e Matéria prima.....	20
2.2. Obtenção e manipulação das plantas.....	20
2.3. Aplicação do Etileno.....	21
2.4. Avaliações.....	22
2.5. Classificação quanto à sensibilidade das pimenteiras ao etileno	23
2.6. Análise dos dados.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4. CONCLUSÕES.....	39
6. REFERÊNCIAS.....	40
CAPITULO II	43
RESUMO	44
ABSTRACT	46
1. INTRODUÇÃO.....	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1. Localização e Matéria prima.....	49
2.2. Obtenção e manipulação das plantas.....	49
2.3. Aplicação dos Tratamentos	50
2.4. Avaliações.....	51
2.4. Análise dos dados.....	51

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4. CONCLUSÕES.....	65
5. REFERÊNCIAS.....	66

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Descrição das espécies e variedades comerciais de pimenteiras ornamentais utilizadas para avaliação da sensibilidade ao etileno.....20

Tabela 2. Classificação da sensibilidade ao etileno das folhas e frutos de quatro variedades comerciais de pimenteiras ornamentais (I) Insensíveis; (M) Moderadamente sensíveis e (A) Altamente sensíveis à exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.....24

Tabela 3. Vida de prateleira de pimenteiras ornamentais em vaso submetidas a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas e os controles externo e câmara. A vida de prateleira compreendeu os dias entre a retirada das plantas das câmaras até o dia em que as mesmas atingiram 50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas.....36

CAPÍTULO II

Tabela 1. Descrição da espécie das variedades e acessos utilizados.....49

Tabela 2. Vida de prateleira de pimenteiras ornamentais em vaso submetidas a ação dos inibidores da ação etileno, 1-MCP e STS. A vida de prateleira compreendeu os dias entre a retirada das plantas das câmaras até o dia em que as mesmas atingiram 50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas.....62

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Espagueteinho’ (*Capsicum frutescens*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....25
- Figura 2.** Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Espagueteinho’ (*Capsicum frutescens*) antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.....26
- Figura 3.** Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Etna’ (*Capsicum frutescens*) antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.....26
- Figura 4.** Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Etna’ (*Capsicum frutescens*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....27
- Figura 5.** Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Peppa’ (*Capsicum annuum*) antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.....28
- Figura 6.** Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Peppa’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....29
- Figura 7.** Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Karneval’ (*Capsicum annuum*) antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.....30
- Figura 8.** Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Karneval’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais

representam o erro padrão da média (n=5).....31

Figura 9: Conteúdo de clorofila ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de quatro variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....32

Figura 10: Conteúdo de flavonóides ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de quatro variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....33

Figura 11: Balanço de Nitrogênio ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de quatro variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....35

CAPÍTULO II

Figura 1. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Espagueteinho’ (*Capsicum frutescens*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....53

Figura 2. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Peppa’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....55

Figura 3. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Karneval’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....56

Figura 4: Conteúdo de clorofila e flavonóides ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de três variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....69

Figura 5: Balanço de Nitrogênio ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de três variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).....60

Figura 6. Vida de Prateleira - aspecto geral das plantas de Pimenta 1- 'Espaguettino'; 2- 'Peppa' e 3- 'Karneval' antes e no último dia de prateleira.....63

RESUMO

OLIVEIRA, Milena Maria Tomaz de. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Resposta ao etileno e ação do 1-MCP e do STS na longevidade de pimenteiros ornamentais.** Orientador: Fernando Luiz Finger.

O objetivo desse estudo foi avaliar a resposta ao etileno e a ação do 1-MCP e STS sobre a longevidade em variedades comerciais de pimenteira ornamental das espécies *C. annuum* e *C. frutescens* cultivadas em vaso. Plantas das variedades comerciais de pimenteiros ornamentais ‘Espaguetinho’, ‘Etna’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’ foram tratadas com 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas e avaliadas quanto à responsividade. As variedades classificadas como altamente sensíveis à ação do etileno, ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’ foram tratadas com os inibidores da ação do etileno, 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e Tiosulfato de prata (STS). Na avaliação da qualidade e longevidade, após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram transferidas para o interior de uma sala para simulação de interior (lojas, floriculturas, supermercados e casa do consumidor final) a 20–25 °C e 7–10 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ de luz fluorescente em regime de 12 horas, irrigadas com 150 ml de água/vaso quando necessário. A avaliação da resposta mostrou que a variedade comercial ‘Etna’, exibiu resposta moderada à exposição a 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas. ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, foram classificadas como altamente sensíveis ao etileno, com descarte no 1º dia de prateleira pela perda total de seus atributos ornamentais. As folhas das quatro variedades demonstraram maior resposta ao etileno que os frutos pela alta taxa de abscisão. Nas plantas das quatro variedades houve uma redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio. Os conteúdos de flavonóides permaneceram praticamente inalterados ao longo da vida em vaso. A exposição a 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas afetou a qualidade e a longevidade das plantas, reduzindo drasticamente a vida de prateleira. Os inibidores da ação do etileno, 1-MCP e STS foram eficientes. Nas variedades ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’ o pré-tratamento com 1-MCP, mesmo seguido de etileno, foi eficaz em inibir a ação do etileno e reduzir a abscisão de folhas e frutos. A aplicação de STS isolado teve efeito positivo sobre a longevidade, não havendo indícios de fitotoxicidade. O tratamento com

STS quando seguido por exposição ao etileno, não causou inibição da ação do etileno, tendo efeito semelhante aos controles ou etileno isolado. Nas plantas das quatro variedades houve redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio. Os conteúdos de flavonóides, não foram afetados ao longo da vida em vaso. A exposição ao etileno provocou uma drástica redução na qualidade visual, longevidade e vida em vaso das variedades comerciais ‘Espaguetinho’, ‘Etna’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, em resposta ao etileno. Entretanto, a ação dos anti etilenos, 1-MCP e STS, mostrou efeito positivo no controle das ações deletérias provocados pela ação do etileno, preservando a qualidade e favorecendo a longevidade de pimenteiras ornamentais em vaso.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Milena Maria Tomaz de. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2015. **Response to ethylene and 1-MCP and STS action on longevity of ornamental pepper.** Adviser: Fernando Luiz Finger.

The aim of this study was to evaluate the response to ethylene and the action of 1-MCP and STS on longevity in commercial varieties of ornamental pepper of *C. annuum* and *C. frutescens* species grown in pots. Plants of the commercial varieties of ornamental pepper 'Espaguetinho', 'Etna', 'Peppa' and 'Karneval' were treated with $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 hours and evaluated for responsiveness. Varieties which are classified as highly sensitive to the action of ethylene, 'Espaguetinho', 'Peppa' and 'Karneval' were treated with ethylene action inhibitor, 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Silver Thiosulfate (STS). In assessing the quality and longevity, after the treatments, the plants were transferred to the interior of a room for indoor simulation (shops, flower shops, supermarkets and home of the final consumer) at 20-25 °C and 7-10 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ fluorescent light 12 hour basis, irrigated with 150 ml of water/pot when required. The evaluation showed that the response of the commercial variety 'Etna', exhibited moderate response to exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 hours. 'Espaguetinho', 'Peppa' and 'Karneval', were classified as highly sensitive to ethylene, with disposal on 1st day shelf by the total loss of their ornamental attributes. The leaves of four varieties showed greater response to ethylene than the fruit by the high rate of abscission. In plants of four varieties there was a reduction in chlorophyll content and nitrogen balance. The flavonoid content remained practically unchanged over the life of the vessel. The exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 hours affect the quality and longevity of plants, drastically reducing the shelf life. The ethylene action inhibitor, 1-MCP and STS were efficient. In varieties 'Espaguetinho', 'Peppa' and 'Karneval' pretreatment with 1-MCP, even followed ethylene was effective in inhibiting the ethylene action and reduce leaf and fruit abscission. STS applying isolated had a positive effect on longevity, with no evidence of toxicity symptoms. Treatment with STS when followed by exposure to

ethylene, caused no inhibition of ethylene action, and effect similar to controls or isolated ethylene. In plants of four varieties decreased content of chlorophyll and nitrogen balance. The content of flavonoids were not affected during the life of the vessel. The exposure to ethylene caused a drastic reduction in visual quality, longevity and pot life of commercial varieties 'Espaguetinho', 'Etna', 'Peppa' and 'Karneval' in response to ethylene. However, the action of anti ethylenes 1-MCP and STS showed positive effect in controlling the harmful effects caused by the action of ethylene, preserving the quality and promoting the longevity of ornamental pepper pot.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de flores e plantas ornamentais consolida-se como uma importante atividade econômica no Brasil devido à agregação de valor dada aos produtos destinados à comercialização. O agronegócio de ornamentais tem movimentado o setor interno com novas tendências e propostas a fim de atender às exigências do perfil mercadológico. A cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no país 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. Quanto a 2014, as estimativas apontam o total de R\$ 5,64 bilhões resultante do novo crescimento de 8,0% sobre o ano anterior (Junqueira e Peetz, 2014).

A maior produção de plantas ornamentais está concentrada nos países da Europa e Estados Unidos, porém, a produção é insuficiente no atendimento da demanda interna principalmente nos meses de inverno, o que faz do Brasil um país em potencial para o fornecimento de plantas ornamentais (Finger *et al.*, 2001). Dentre os principais grupos de produtos setoriais exportados pelo Brasil em 2013, destaca-se o setor de ornamentais, somando vendas externas de US\$ 8,519 milhões. Os principais países importadores foram os EUA (27,64%), Itália (26,02%), Holanda (18,68%), Japão (9,94%), Bélgica (8,56%), Canadá (2,96%), Uruguai (2,82%), Colômbia (1,09%) e Argentina (0,95%), além de outros nove destinos com menor expressividade de compras (Junqueira e Peetz, 2013).

Dentre as plantas ornamentais cultivadas em vaso, as pimenteiras ornamentais têm-se destacado pela crescente e contínua aceitação pelo mercado consumidor (Upnmoor, 2003) sendo bastante populares na Europa, Estados Unidos e Brasil (Rêgo *et al.*, 2013). Finger *et al.* (2012) relatam que o cultivo de pimentas ornamentais apresentam elevado valor agregado na comercialização, tornando-se uma importante atividade comercial no mercado interno brasileiro. Ohara e Pinto (2012) afirmam que o agronegócio de pimentas (*Capsicum spp.*) está entre os melhores exemplos de integração entre todos os que atuam na cadeia produtiva de hortaliças.

Devido à variabilidade genética do gênero *Capsicum*, é vasta a utilização de pimentas no consumo *in natura*, sob formas condimentares (conservas, molho,

páprica) e uso medicinal, pelas propriedades inerentes aos capsaicinóides (Govindarajan, 1991). Além disso, o destaque maior nos últimos anos tem sido dado à utilização como ornamental, em virtude da folhagem variegada, porte anão e dos frutos com várias cores no processo de maturação. A princípio, qualquer espécie de pimenta poderia ser utilizada como planta ornamental. As espécies mais indicadas para fins ornamentais são as de porte reduzido e harmonia da planta no vaso, com frutos eretos e vistosos (Vieira, 2002; Sapucay *et al.*, 2009).

As plantas do gênero *Capsicum*, em especial as espécies *C. annuum* e *C. frutescens*, podem ser encontradas no mercado disponíveis ao plantio ou visando a pronta comercialização como ornamentais de vaso. Segundo Moreira *et al.*, (2006) a maioria das sementes das variedades de pimenta é produzida pelos próprios agricultores ou extraída de frutos maduros adquiridos em feiras locais ou no comércio. O uso da diversidade genética de pimentas em pesquisas objetivando o desenvolvimento de genótipos com melhores características agronômicas tem sido de grande importância na obtenção de novas cultivares. Também são necessárias novas tecnologias pertinentes aos padrões de qualidade com o propósito de agregar valor, favorecer a sustentabilidade e melhorar o agronegócio de pimentas no Brasil (EMBRAPA, 2015).

Cultivares comerciais com fins ornamentais têm tido ampla aceitabilidade no mercado por exibirem qualidades estéticas próprias inerentes a cada cultivar. As mesmas exibem características como porte reduzido, utilização de pequeno volume de substrato e baixo requerimento de tratamentos culturais, uma atrativa opção para a ornamentação de diversos ambientes. O comércio em feiras livres ou alguns supermercados tem cedido espaço a cenários mais refinados, com consumidores de maior poder aquisitivo comprando em floriculturas (Rêgo *et al.*, 2011).

Na horticultura ornamental, as pimenteiras ornamentais tem revelado restrita longevidade pós-produção em razão de suas características fisiológicas e morfológicas. O processo de senescência, em tecidos vegetais, é mediado por transformações bioquímicas e fisiológicas, altamente coordenadas, como aumento da síntese e da atividade de enzimas hidrolíticas, a degradação de amido e clorofila e a perda da compartimentalização celular (Kays, 1991).

Perdas pós-colheita frequentemente estão associadas à ação deletéria do fitormônio etileno. O etileno pode ser endógeno (produzido na própria planta) ou exógeno (oriundo de fontes externas como, por exemplo, exaustão de motores e amadurecimento de frutos) sendo responsável por transformações fisiológicas nas plantas. A biossíntese do etileno ocorre nos tecidos vegetais pela conversão do aminoácido metionina em S-adenosilmetionina (SAM), o qual é catalisado pela enzima ACC sintase a ácido 1-aminociclopropano-1-carboxil (ACC), precursor imediato do etileno. Esta última etapa é mediada pela enzima ACC oxidase e ocorre na presença de oxigênio. O etileno pode ser produzido por quase todas as partes dos vegetais superiores e liberado facilmente do tecido vegetal, provavelmente por difusão, através do espaço intercelular ou transportado para outros tecidos. Embora o etileno possa promover retroalimentação positiva ou negativa sobre a própria biossíntese, a taxa de produção depende do tecido/órgão ou estágio de desenvolvimento (Crozier *et al.*, 2000; Taiz e Zeiger, 2013; Grierson, 2014). Em plantas ornamentais, vários efeitos indesejáveis são induzidos pelo etileno, com destaque para o enrolamento e murchamento das pétalas, abscisão de flores e folhas, elevação da respiração, redução da matéria fresca provocada pela perda de água e degradação de clorofila (Lutts *et al.*, 1996; Matile *et al.*, 1997; Van Doorn e Woltering, 2008; Cordeiro *et al.*, 2011).

Durante a fase de pós-produção, as respostas deletérias provocadas pela ação do etileno podem ser intensificadas, principalmente durante o transporte e comercialização, onde as plantas são expostas às condições de estresse como baixa luminosidade e altas temperaturas (Hoyer, 1996). A logística é um gargalo que precisa ser reparado visto que o transporte de flores e demais plantas ornamentais ocorre no Brasil, geralmente em caminhões baú, sem iluminação, passíveis a intensa vibração, sem ventilação e irrigação por mais de 48 horas, ficando as plantas sujeitas ao acúmulo e exposição ao etileno presente no ar circundante (gases de exaustão ou transporte irregular juntamente a frutas maduras), comprometendo a qualidade e durabilidade comercial das plantas. Esse fator merece destaque, uma vez que o principal meio utilizado para transporte de flores e plantas ornamentais dentro do país é o terrestre. Os produtos da floricultura precisam de transporte adequado para manter o padrão de qualidade, como os exigidos pela Veiling Holambra, assegurando

desta forma, que os produtos cheguem às mãos de clientes e consumidores obedecendo aos mais altos padrões exigidos pelo mercado. (Junqueira e Peetz, 2005; Veilling Holambra, 2015).

As espécies do gênero *Capsicum* apresentam diferentes níveis de sensibilidade ao etileno. O mesmo desencadeia uma série de respostas deletérias nas pimenteiras em vaso, dentre elas a abscisão de frutos e folhas como uma reação à sensibilidade dos tecidos à ação do etileno. Porém outros efeitos são visíveis, como a aceleração da degradação de clorofila e aceleração do processo de senescência (Hoyer, 1996; Beaudry e Kays 1998; Krajayklang *et al.*, 2000; Brackmann *et al.*, 2005; Segatto *et al.*, 2013).

Dentre os possíveis mecanismos que contribuem com a indução da biossíntese do etileno, destacam-se as mudanças na sensibilidade do tecido ao etileno (Altvorst e Bovy, 1995). Conforme relatam Nowak e Rudinicki (1990), o nível de sensibilidade ao etileno varia entre as espécies e, entre variedades da mesma espécie. A idade também é importante, já que há uma relação direta entre idade da planta e sensibilidade ao etileno. Quanto mais senescente o tecido, menores as concentrações de etileno necessárias no desencadeamento do processo de senescência (Porat, *et al.*, 1995). Em *Kalanchoë blossfeldiana* Poelln (flor da fortuna), a sensibilidade ao etileno variou entre cultivares e a abscisão floral foi influenciada pelo tempo de exposição (após 24 h de exposição ao etileno plantas tiveram murcha e senescência floral irreversíveis) (Serek & Reid, 2000).

Em razão dos efeitos indesejáveis causados pela ação do etileno em grande número de espécies ornamentais, há necessidade de se manejar esses efeitos durante a fase de pós-produção. Tratamentos que utilizam antagonistas do etileno estão sendo investigados ao longo dos anos de modo a melhorar a qualidade e a longevidade de plantas sensíveis ao etileno (Serek e Trolle, 2000).

Como formas de controle dos efeitos do etileno estão disponíveis inibidores de sua ação. O Tiosulfato de prata (STS) e o 1-Metilciclopropeno (1-MCP) geralmente resultam em maior eficácia do que os inibidores da síntese, pois bloqueiam os efeitos do etileno da atmosfera de armazenamento, durante o transporte e a comercialização do produto (Porat *et al.*, 1995). Com o intuito de ampliar a vida de prateleira de flores envasadas ou não, produtores e comerciantes fazem uso de

soluções preservativas que, dependendo de sua composição, atuam por distintos processos fisiológicos nas plantas. Para aquelas comercializadas em vasos, essas soluções são aspergidas diretamente sobre a parte aérea da planta. Dentre as soluções preservativas mais utilizadas, destacam-se aquelas à base de íons de prata, como o nitrato de prata e o Tiosulfato de prata (Cook e Staden, 1987; Ohkawa *et al.*, 1999).

A prata atua como inibidor da ação do etileno, com consequente redução da taxa de senescência floral e foliar pela ausência da ação do etileno. A prata também pode inibir a síntese de etileno pelo bloqueio da autocatálise que está presente em flores com comportamento climatérico da respiração e da produção de etileno, como em cravos e orquídeas (Reid, 1985). O complexo iônico Tiosulfato de prata é uma associação entre íon de prata e tiosulfato de sódio, com aplicação comercial, e se constitui em tratamento obrigatório de algumas flores de corte para exportação (Gorsel, 1994). Para retardar o processo de senescência, o Tiosulfato de prata tem se mostrado eficiente na prevenção da abscisão de botões florais, folhas, flores e pétalas, como observado por Serek *et al.* (1996) em mini rosas envasadas, cultivares ‘Royal’ e ‘Sunset’ expostas a ambiente contendo etileno. Embora tenha sido amplamente utilizado comercialmente, o uso da prata, um metal pesado, nas culturas em vasos tem sido criticado como um perigo ambiental.

Um grupo de ciclopropenos (CPs) foi identificado como efetivo na prevenção dos efeitos deletérios do etileno nas plantas (Serek e Sisler, 2001). Os CPs competem com o etileno pelos sítios de ligação se mantendo ligados ao receptor por um longo período, impedindo sua ação. O 1-Metilciclopropeno (1-MCP) é um dos CPs mais utilizados (Sisler *et al.*, 2003). Seu uso tem demonstrado ser eficiente para manejar os efeitos negativos do etileno em muitas espécies de floríferas e hortifrutícolas. Considerado um composto não tóxico, estável à temperatura ambiente e altamente ativo em baixas concentrações, o 1-MCP protege as plantas dos efeitos negativos da ação do etileno na pós-produção por um período de aproximadamente 12 dias, com apenas uma aplicação (Kebenei *et al.*, 2003).

O 1-Metilciclopropeno (1-MCP) foi desenvolvido como um inibidor da ação do etileno e subsequentemente adotado para utilização comercial. Formulado em pó, porém, aplicado na forma gasosa a baixas concentrações pode melhorar a longevidade ornamental, bloqueando a ação do etileno (Blankenship e Dole, 2003).

Estudos indicam que o 1-MCP, além de restringir a ação do etileno, pode reduzir sua produção e com isso, retardar o amadurecimento em frutos como verificado para damasco (Fan *et al.*, 2000), maçã (Argenta *et al.*, 2006), kiwi (Vieira, *et al.*, 2010) e melancia (Oiran Filho *et al.*, 2014). Além disso, o 1-MCP tem demonstrado ser um composto eficiente e conveniente no bloqueio dos efeitos negativos provocados pela ação do etileno em diversas espécies de flores, como observado em lírio oriental (Celikel *et al.*, 2002) e gerânio (Jones *et al.*, 2001).

As plantas do gênero *Capsicum*, apresentam redução na qualidade visual e vida de prateleira em resposta à sensibilidade do genótipo ao etileno. Em pimenteiras ornamentais, Segatto *et al.* (2013) avaliaram quatro variedades quanto à sensibilidade ao etileno, e todas sofreram efeitos deletérios. Dentre elas, a cultivar Calypso, uma pimenteira de elevado valor comercial devido a grande beleza ornamental como planta de vaso, porém os autores a classificaram como extremamente sensível ao etileno, havendo abscisão de 100% das folhas quando exposta a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 24 a 48 horas. O tratamento das plantas da cultivar Calypso com 1-MCP se mostrou eficiente em inibir a ação do etileno permitindo a comercialização dos vasos mesmo com a presença de etileno na atmosfera de transporte ou armazenamento. A orquídea *Epidendrum ibaguense* tratada com 1-MCP tem a vida de prateleira duplicada quando comparada a flores controle (Finger *et al.*, 2008). Cavatte (2013) ao avaliar o armazenamento da cultivar 'BGH 1039' no escuro a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48 horas observou que houve indução na abscisão de 79,7% das folhas, no entanto, apenas 9,4% de queda das folhas foi observada quando 1-MCP foi aplicado.

A utilização de inibidores da ação do etileno como o 1-MCP geralmente é eficaz em bloquear os efeitos deletérios em plantas ornamentais durante o transporte e a comercialização. Porém, a eficácia do uso do 1-MCP em retardar a maioria dos sintomas de senescência das plantas ornamentais é função da temperatura de aplicação, concentração do regulador de crescimento e estágio de desenvolvimento das plantas (Finger e Barbosa, 2006).

Inibidores da ação do etileno como o 1-MCP e STS têm grande potencial na prevenção ou redução dos fatores limitantes e processos que contribuem para a perda da vida de vaso em pimenteiras ornamentais. Nesse contexto, este estudo

propõe avaliar a resposta ao etileno bem como a ação do 1-MCP e STS sobre a longevidade de plantas de variedades comerciais de pimenteira ornamental disponíveis no mercado.

2. REFERÊNCIAS

- ALTVORST, A.C.V.; BOVY, A.G. The role of ethylene in the senescence of carnation flower, a review. **Plant Growth Regulation**, v.16, n.1, p.43-53, 1995.
- ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M.J.; KRAMMES, J.G.; PETRI J.L.; BASSO, C. AVG and 1-MCP Effects on Maturity and Quality of Apple Fruit at Harvest and After Storage. **Acta Horticulturae**, 727, p. 495-504. 2006.
- BEAUDRY, R. M. KAYS, S. J. Effect of ethylene source on abscission of pepper plant organs. **HortScience**, 23:724-744, 1998.
- BLANKENSHIP, Sylvia M.; DOLE, John M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, n. 1, p. 1-25, 2003.
- BRACKMANN, Auri et al. Indução da cor vermelha em pimentões 'vidi' com etileno e luminosidade. **Revista da FZVA**, v. 12, n. 1, 2005.
- CAVATTE, R. P. Q.; LIMA, J. S.; SILVA, T. P.; CAVETTE, P. C.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G. Influence of Temperature and 1-Methylcyclopropene on Post-Production Display Life of Ornamental Pepper (*Capsicum annuum* L.). **Acta Horticulturae**, v. 1002, p. 359-364, 2013.
- ÇELIKEL, F. G.; DODGE, L. L.; REID, M. S. Efficacy of 1-MCP (1-methylcyclopropene) and Promalin for extending the post-harvest life of Oriental lilies (*Lilium*×'MonaLisa' and 'Stargazer'). **Scientia Horticulturae**, v. 93, n. 2, p. 149-155, 2002.
- COOK, D.; STADEN, J. Van. Silver action in the cut carnation flower. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.25, n.4, p.485-492, 1987.
- CORDEIRO, D. C., FINGER, F. L., SANTOS, J. S. D., KARSTEN, J., & BARBOSA, J. G. Sensitivity of 'Osiana' rose to ethylene. **Bragantia**, 70(3), 677-681, 2011.
- CROZIER, A., KAMIYA, Y., BISHOP, G., YOKOTA, T. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. In **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. p. 850–929, 2000.
- EMBRAPA HORTALIÇAS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <<http://www.cnpq.embrapa.br/capsicum/>>. Acesso em: 05.01.2015.

- FAN, X.; ARGENTA, L. MATTHEIS, J. P. Inhibition of ethylene action by 1-MCP prolongs storage life of apricots. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 2, p. 135-142, 2000.
- FINGER F.L., RÊGO E.R., SEGATTO F.B., FERREIRA N.F. E RÊGO M.M. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. **Informe Agropecuário**, 33: 14-20, 2012.
- FINGER, F. L.; SANTOS, V. R.; MORAES, P. J.; BARBOSA, J. G. Pulsing with sucrose and silver thiosulfate extended the vase life of *Consolida ajacis* L. **Acta Horticulturae**, v. 543, p. 63-67, 2001.
- FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G. Postharvest physiology of cut flowers. In: NOUREDDINE, B.; NORIO, S. (Ed.). Advances in postharvest technologies for horticultural crops. **Kerala: Research Signpost**, 2006. p.373-393.
- FINGER, F.L.; DE MORAES, P.J.; MAPELI, A.M.; BARBOSA, J.G.; CECON, P.R. Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.83, p.144-147, 2008.
- GORSEL, R. VAN. Postharvest technology of imported and trans-shipped tropical floricultural commodities. **HortScience**, Alexandria, v.29, n.9, p.979-981, 1994.
- GOVINDARAJAN, V.S. Capsicum: production, technology, chemistry, and quality – II: processed, standards, world production and trade. **CRC Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.29, p.435-474, 1991.
- GRIERSON, DONALD. 10 Ethylene Biosynthesis. **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics**, p. 178, 2014.
- 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, n. 4, p. 621-628, 1996.
- 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, p.1305-1309, 2001.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Balanço do Comércio Exterior da Floricultura Brasileira. **Boletim de Análise Conjuntural do Mercado de Flores e Plantas Ornamentais no Brasil, Jan. 2014**. Disponível em: <http://www.hortica.com.br/news.php>. Acesso em: 24 dez. 2014.

- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Os pólos de produção de flores e plantas ornamentais do Brasil: uma análise do potencial exportador. **Revista Brasileira de Horticultura**, Campinas. v. 8, n. ½, p. 25-47, 2002.
- JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S.: Consumo: conhecimento necessário para a expansão sustentável da floricultura brasileira. **Artigo, Jornal Entrepasto**. p. 18-18. Ago. 2013.
- KAYS, S.J. Postharvest physiology of perishable plant products. New York: **Van Nostrand Reinhold**, 532 p. 1991.
- KEBENEI, Z. SISLER, E. C. WINKELMANN, T. SEREK, M.. Efficacy of new inhibitors of ethylene perception in improvement of display life of kalanchoë (*Kalanchoë blossfeldiana Poelln*) flowers. **Postharvest Biology and Technology**, 30(2), 169-176. 2003.
- KRAJAYKLANG, M.; KLIEBER, A.; DRY, P. R. Colour at harvest and postharvest behaviour influence paprika and chille spice quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, p.269-278, 2000.
- MATILE, P.; HORTENSTEINER, S.; THOMAS, H.; KRAUTLER, B. Chlorophyll breakdown in senescent leaves. **Plant Physiology**, v.112, p.1403-1409, 1997.
- MOREIRA, G. SILVA, C., COSTA, R. Uma publicação da EPAMIG. **Informe Agropecuário**. v.27 n.235. Belo Horizonte-MG. Nov./dez. 2006.
- NOWAK, J.; RUDNICK, R.M. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plant. **Portland: Timber Press**, 1990. 210p.
- NUEZ VIÑALS, F.; GIL ORTEGA, R.; COSTA GARCIA, J. El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Madrid: **Mundi-Prensa**, 607p., 1996.
- OHARA, R. & PINTO, C.M.F. Mercado de Pimentas Processadas. **Informe Agropecuário**, 33:07-13, 2012.
- OHKAWA, K.; KASAHARA, Y.; SUH, J. Mobility and effects on vase life of silver containing compounds in cut rose flowers. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.1, p.112-113, 1999.
- OIRAM FILHO, F. BRAGA, T. R. TERRA, F. SILVA, E. O. SILVEIRA, M. R. S. OLIVEIRA M. M. T. Caracterização físico-química de melancias sem sementes submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP). **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Anais**. Florianópolis-SC, 2014.
- PORAT, R.; SHLOMO, E.; SEREK, M.; SISLER, E.C; BOROCHOV, A. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene action in cut phlox flowers. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.6, p.313-319, 1995.

- RÊGO, E.R.; FINGER, F. L.; NASCIMENTO, M. F.; BARBOSA, L. A.; SANTOS, R. M. C. Pimenteiras Ornamentais. **In: Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum spp.*)**. ed. UFPB. vol 1, p. 205-223, 2013.
- RÊGO, E.R.; FINGER, F.L.; NASCIMENTO, M. F.; BARBOSA, L. A. SANTOS, R.M.C. Pimenteiras ornamentais. **In: Produção Genética e melhoramento de pimentas (*Capsicum spp.*)**. 205-223p, 2011.
- REID, M.S. The role of ethylene in flower senescence. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.261, p.157-170, 1985.
- SAPUCAY, M.J.L.C.; ARAUJO, E.R.; REGO, E.R.; RÊGO, M.M. Diversidade genética, importância relativa e correlação de caracteres quantitativos em pimenteiras. **In: 49º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Águas de Lindóia. Horticultura Brasileira. Brasília: ABH, v. 27, p.S1161-S1168, 2009.
- 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. 1000, p.217-222, 2013.
- SEREK M., TROLLE L. Factors affecting quality and post-production life of *Exacum affine*. **Sci. Hortic.** 86: 49-55, 2000.
- SEREK, M.; REID, M. Ethylene and postharvest performance of potted *kalanchoë*. **Postharvest Biology and Technology**, 18: 43-48, 2000.
- SEREK, M.; SISLER, E. C. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 161¹66, 2001.
- 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.
- SISLER, E. C.; ALWAN, R.; GOREN, M.; SEREK, M.; APELBAUM, A. Substituted cyclopropenes: Effective blocking agents for the ethylene action in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 223-228, 2003.
- UPNMOOR, I. Cultivo de plantas ornamentais. **Ed. Agropecuáris**, 59p 2003.
- VEILING HOLAMBRA. COOPERATIVA. Departamento de Qualidade e Pós-Colheita. **Disponível em** <http://www.veiling.com.br/uploads/padrao_qualidade/criterios/pimenta-ornamental-po.pdf>. Acesso em 03. Jan. 2015.
- VIEIRA, M. A. Uso de polímero hidroabsorvente: efeitos sobre a qualidade de substratos hortícolas e crescimento de mudas de pimentão ornamental. Pelotas,

2002. 113f. **Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal)** –
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, 2002.

CAPITULO I

Avaliação da resposta ao etileno em pimenteiras ornamentais envasadas

RESUMO

OLIVEIRA, Milena Maria Tomaz de. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro, 2015. **Avaliação da resposta ao etileno em pimenteiros ornamentais envasados.** Orientador: Fernando Luiz Finger.

O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta de variedades comerciais de pimenteira ornamental das espécies *C. annuum* e *C. frutescens* à ação do etileno e seus efeitos sobre a longevidade das plantas cultivadas em vaso. Plantas das variedades de pimenteiros ornamentais ‘Espaguetinho’, ‘Etna’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, no ponto ideal de comercialização caracterizado por 50% da população com pelo menos 30% dos frutos completamente amadurecidos foram submetidas aos tratamentos: 1) controle externo, 2) controle câmara e 3) exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas. Para 1, as plantas permaneceram sobre uma bancada, no interior de uma sala durante toda a condução do experimento. Para os tratamentos 2 e 3, as plantas permaneceram no interior de câmaras herméticas (90 L), no escuro e sem irrigação por 48 horas (simulação de transporte). O transporte comercial foi simulado parcialmente uma vez que não foram analisados fatores como vibração e temperatura. Para avaliação da qualidade e vida pós-produção, após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram transferidas para o interior de uma sala para simulação de interior (lojas, floriculturas, supermercados e casa do consumidor final) a 20–25 °C e $7\text{--}10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ de luz fluorescente pelo regime de 12 horas, irrigadas com 150 ml de água/vaso quando necessário. Entre os genótipos houve variação quanto à resposta ao etileno. A avaliação da resposta mostrou que a variedade comercial ‘Etna’, exibiu resposta moderada à exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas. ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, foram classificadas como altamente sensíveis ao etileno, com descarte no 1º dia de prateleira pela perda total de seus atributos ornamentais. As folhas das quatro variedades demonstraram maior resposta ao etileno que os frutos pela alta taxa de abscisão. Nas plantas das quatro variedades houve uma redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio. Os conteúdos de flavonóides permaneceram praticamente inalterados ao longo da vida em vaso. A

exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas afetou a qualidade e a longevidade das plantas, reduzindo drasticamente a vida de prateleira.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Milena Maria Tomaz. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2015. **Evaluation of response to ethylene in potted ornamental pepper.** Adviser: Fernando Luiz Finger.

The objective of this study was to evaluate the commercial varieties of ornamental pepper response of *C. annuum* and *C. frutescens* to the action of ethylene and its effects on the longevity of plants grown in pots. Plants of varieties of ornamental pepper 'Espagueteinho', 'Etna', 'Peppa' and 'Karneval', in the sweet spot marketing wherein 50% of the population with at least 30% of fully ripe fruits were treated: 1) control external 2) control chamber and 3) exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 hours. For 1, the plants remained on a bench in the interior of a room throughout the experiment. For treatments 2 and 3, plants remained inside hermetic chambers (90 L) in dark and without irrigation for 48 hours (simulated shipping). The commercial transportation were simulated partially since they were not analyzed factors such as vibration and temperature. To assess the quality and post-production life after treatment application, the plants were transferred to the interior of a room for indoor simulation (shops, flower shops, supermarkets and home of the final consumer) at 20-25 °C and 7-10 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, the fluorescent light 12 hour basis, irrigated with 150 ml of water/pot when required. Among the genotypes there was variation in the response to ethylene. The evaluation showed that the response of the commercial variety 'Etna', exhibited moderate response to exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 hours. 'Espagueteinho', 'Peppa' and 'Karneval', were classified as highly sensitive to ethylene, with disposal on 1st day shelf by the total loss of their ornamental attributes. The leaves of four varieties showed greater response to ethylene than the fruit by the high rate of abscission. In plants of four varieties there was a reduction in chlorophyll content and nitrogen balance. The flavonoid content remained practically unchanged over the life of the vessel. The exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 hours affect the quality and longevity of plants, drastically reducing the shelf life.

1. INTRODUÇÃO

Em plantas ornamentais a qualidade ornamental e a longevidade são frequentemente interrompidas pelo processo de senescência ou abscisão de folhas, flores e frutos. Tais eventos sinalizam sobretudo a ação do etileno, um fitormônio responsável pela indução de respostas deletérias nas plantas de interesse ornamental.

Na planta, o acúmulo de etileno pode ocorrer nos espaços de ar entre o receptáculo e o fruto, de onde coordena a taxa de abscisão nas múltiplas zonas através da atividade combinada de enzimas degradativas, várias das quais são reguladas pelo etileno. Nas folhas, basicamente o processo de abscisão envolve a inibição do transporte de auxinas no pecíolo e a ativação metabólica de hidrolases da parede celular que enfraquecem as ligações entre os polímeros estruturais, despolimerizando-os e enfraquecendo as paredes celulares na zona de abscisão. Este fato, associado com a gravidade, vento e turgor celular, causam a ruptura do tecido de ligação do órgão com a planta (Chitarra e Chitarra, 2005).

Em ornamentais esses efeitos podem ser potencializados, principalmente durante o transporte e a comercialização devido às condições adversas, como baixa luminosidade e altas temperaturas (Hoyer, 1996; Segatto *et al.*, 2013). O predomínio de transporte à temperatura ambiente intensifica a depreciação do produto e gera maiores perdas pós-colheita (Buainain e Batalha, 2007).

As plantas do gênero *Capsicum* possuem ampla variabilidade genética com grandes perspectivas e potencialidades no mercado pela versatilidade de suas aplicações culinárias, industriais e medicinais, além do excelente potencial para comercialização como planta ornamental de vaso. No entanto, em pimenteiras ornamentais, tem-se observado que os processos que levam às perdas da qualidade ornamental e da vida de vaso estão relacionados à produção e/ou sensibilidade do genótipo ao etileno (Segatto *et al.*, 2013).

Nas plantas do gênero *Capsicum* os diferentes níveis de sensibilidade ao etileno desencadeiam uma série de respostas deletérias nas pimenteiras em vaso, com destaque para a abscisão de folhas e frutos em reação à vulnerabilidade dos tecidos à ação do gás. Porém outros efeitos são visíveis, como a aceleração na degradação da

clorofila e a aceleração no processo de senescência (Hoyer, 1996; Beaudry e Kays 1998; Krajayklang *et al.*, 2000; Brackmann *et al.*, 2005; Segatto *et al.*, 2013).

A resposta do tecido vegetal ao etileno é acompanhada pela indução autocatalítica do próprio hormônio, ou seja, a exposição do tecido ao etileno estimula a sua biossíntese, devido ao aumento das enzimas ACC sintase e ACC oxidase. Um dos possíveis mecanismos que contribuem para a indução da biossíntese do etileno é a mudança na receptividade do tecido ou na sensibilidade ao etileno (Altvorst e Bovy, 1995).

Conforme relatam Segatto *et al.* (2013) os genótipos de pimenteira ornamental BGH 1039, BGH 7073, Calypso e MG apresentaram diferentes níveis de sensibilidade ao etileno. Neste estudo, a cultivar Calypso foi classificada como altamente sensível ao etileno, seguida pelos acessos BGH 1039, BGH 7073 e cultivar MG. A cultivar Calypso é uma pimenteira ornamental de elevado valor comercial devido a grande beleza ornamental como planta de vaso, porém quando exposta a 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno de 24 a 48 horas há abscisão de 100% das folhas. No mesmo trabalho, foram verificadas variações na responsividade dos diferentes genótipos relacionadas à concentração e ao tempo de exposição ao gás, no qual as plantas de pimenteira ornamental espécie *Capsicum annuum*, acesso BGH 1039 e cultivar Calypso, são mais sensíveis ao tempo de exposição ao etileno do que a concentração. Nowak e rudnicki (1990) citam que em flores de corte são encontradas variações quanto ao grau de sensibilidade ao etileno de acordo com a espécie estudada, sendo as líliáceas classificadas como sensíveis à sua ação. A idade das flores também é importante, já que se observa a existência de relação direta entre idade da planta e sensibilidade ao etileno e quanto mais velho o tecido, menores serão as concentrações de etileno necessárias para desencadear o processo de senescência (Porat *et al.*, 1995).

A resposta ao etileno se dá, provavelmente, pela sua ligação a um receptor específico, responsável por enviar o sinal para sua ativação. Um dos métodos utilizados com sucesso na inibição da produção ou ação do etileno é o tratamento com inibidores da ação do etileno podem se ligar ao sítio receptor, impedindo que o etileno se ligue em tecidos tratados, podendo permanecer por longos períodos (Sisler e Serek, 1997).

A existência de processos dependentes da ação do etileno requer certa atenção em se conhecer e estudar as implicações deste hormônio nas situações adversas às quais se submetem algumas variedades comerciais de pimenteiros ornamentais, buscando-se medidas que prolonguem a vida em vaso e mantenham a qualidade ornamental dos genótipos mais responsivos à ação do etileno.

O objetivo desse estudo foi avaliar a resposta de variedades comerciais de pimenteira ornamental das espécies *Capsicum annuum* e *Capsicum frutescens* à ação do etileno e os efeitos sobre a longevidade das plantas cultivadas em vaso ao longo da vida de prateleira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e Matéria prima

O experimento foi desenvolvido na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa durante o período de março a novembro de 2014. Neste experimento foi avaliada a resposta ao etileno de 4 variedades comerciais de pimenteiras ornamentais disponíveis para o cultivo em vaso (Tabela 1).

Tabela 1. Variedades comerciais de pimenteiras ornamentais utilizadas na avaliação da resposta ao etileno.

Variedades comerciais de Pimenteiras Ornamentais	Espécie
1. ‘Espaguetinho’	<i>Capsicum frutescens</i>
2. ‘Etna’	<i>Capsicum frutescens</i>
3. ‘Peppa’	<i>Capsicum annuum</i>
4. ‘Karneval’	<i>Capsicum annuum</i>

2.2. Obtenção e manipulação das plantas

Foram utilizadas sementes das variedades ‘Espaguetinho’ e ‘Etna’, adquiridas no comércio (ISLA PAK) e plantas das variedades ‘Peppa’ e ‘Karneval’ adquiridas em floriculturas locais, no ponto ideal de comercialização (frutos com o tamanho máximo de crescimento e formato típico de cada espécie, com a cor específica demandada pelo mercado e sem murcha).

As mudas das variedades ‘Espaguetinho’ e ‘Etna’ foram produzidas em ambiente protegido, em bandejas de poliestireno preenchidas com substrato comercial Bioplant[®]. Quando atingiram dois a três pares de folhas foram transplantadas em vasos com capacidade para 900 mL de substrato (11/9,5/13,5 cm de altura/diâmetro basal/ diâmetro superior). No enchimento dos vasos foi utilizado substrato comercial Bioplant[®] e terra de jardim na proporção de 3:1. No plantio, o substrato foi fertilizado com 2,5 g do formulado NPK 0-10-10. No decorrer do

experimento foram efetuadas adubações a cada 20 dias com ± 10 g do formulado NPK 10-0-10.

A frequência de rega, da sementeira até o transplântio, foi de uma vez por dia com quantidade de água suficiente para iniciar o escoamento na parte inferior da bandeja. Da fase de transplântio até o último dia do experimento, os substratos foram regados com 150 mL de água/vaso diariamente.

Por requererem temperaturas relativamente elevadas para o desenvolvimento e por tratar-se de uma cultura de clima tropical sensível às baixas temperaturas encontradas ao longo do experimento, no estágio de florescimento as plantas foram transportadas para o Setor Horta Nova da UFV devido às peculiaridades climáticas locais (mim 18 °C e máx. 32 °C) propícias ao melhor desenvolvimento de suas características. As plantas permaneceram neste local, a pleno sol, até serem transportadas para o Laboratório de Pós-colheita para condução dos experimentos. O tutoramento das plantas, o manejo de eventuais plantas daninhas bem como o controle de pragas foi realizado quando necessário.

2.3. Aplicação do Etileno

As plantas foram levadas ao Laboratório de Pós-colheita no ponto ideal de comercialização caracterizado por 50% da população com pelo menos 30% dos frutos completamente amadurecidos, determinado visualmente (frutos com o tamanho máximo de crescimento e formato típico de cada espécie, com a cor específica demandada pelo mercado e sem murcha) para aplicação dos tratamentos.

Os tratamentos foram compostos por: 1) controle externo, 2) controle câmara e 3) exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas (Segatto *et al.*, 2013). Para 1, as plantas permaneceram sobre uma bancada, no interior de uma sala durante toda a condução do experimento. Para os tratamentos 2 e 3, as plantas permaneceram no interior de câmaras herméticas (90 L), no escuro e sem irrigação por 48 horas mediante simulação parcial de transporte (SPT). O transporte comercial foi simulado parcialmente uma vez que não foram analisados fatores como vibração e temperatura.

Para avaliação da qualidade e vida pós-produção, após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram transferidas para uma sala de simulação de interior

(SSI) (lojas, floriculturas, supermercados e casa do consumidor final) há 20–25 °C e 7–10 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ de luz fluorescente pelo regime de 12 horas, irrigadas com 150 ml de água/vaso quando necessário.

2.4. Avaliações

2.4.1. Atributos de qualidade ornamental

2.4.1.1. Clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio ($\mu\text{g cm}^{-2}$)

Foram determinados os conteúdos de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio pelo método não destrutivo, com o auxílio do *Dualex*[®] (dual excitation, FORCE-A, Orsay, France). Foram analisadas 3 folhas maduras completamente expandidas escolhidas aleatoriamente da base, centro e ápice de cada planta, demarcadas previamente à simulação de transporte. As avaliações foram realizadas antes, imediatamente após a aplicação de etileno e a cada dois dias ao longo da vida de prateleira, sendo encerradas quando as plantas não mais apresentavam valor comercial (50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas).

2.4.1.2. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos

A percentagem de abscisão acumulada foi determinada pela contagem total das folhas e frutos antes da aplicação do etileno e contagem das folhas e frutos caídos imediatamente após a aplicação de etileno e a cada dois dias ao longo da vida de prateleira, sendo encerradas quando as plantas não mais apresentavam valor comercial (50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas), segundo método descrito por Segatto *et al.* (2013). Foram contadas apenas as folhas completamente expandidas e todos os frutos com o tamanho máximo de crescimento e formato típico de cada espécie, com a cor específica demandada pelo mercado e sem murcha.

2.4.1.3. Vida de prateleira

A vida de prateleira foi determinada pelos dias compreendidos entre a retirada das plantas das câmaras até o dia em que as mesmas se apresentaram comercialmente inadequadas, com 50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas.

2.5. Classificação quanto à sensibilidade das pimenteiras ao etileno

A sensibilidade foi empregada na avaliação da resposta de variedades comerciais de pimenteiras ornamentais ao etileno. Foi adotado como critério classificatório a percentagem de abscisão de folhas e/ou frutos imediatamente após aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas. Os critérios classificatórios quanto à sensibilidade das pimenteiras ornamentais à ação do etileno, utilizados neste estudo, estão dispostos a seguir:

Insensibilidade (I) – Plantas tratadas com etileno em relação às plantas não tratadas (antes) atingiram percentagem de abscisão de folhas e/ou frutos $\leq 10\%$ imediatamente após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas;

Moderada sensibilidade (M) – Plantas tratadas com etileno em relação às plantas não tratadas (antes) atingiram percentagem de abscisão de folhas e/ou frutos $11 \leq 49\%$ imediatamente após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas;

Alta sensibilidade (A) – Plantas tratadas com etileno em relação às plantas não tratadas (antes) atingiram percentagem de abscisão de folhas e/ou frutos acima de 50% imediatamente após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.

2.6. Análise dos dados

Foi adotado o Delineamento em Blocos Casualizados, em arranjo fatorial (4×3) com quatro variedades, aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h mais dois controles (externo e câmara) totalizando 12 tratamentos, com cinco repetições. Cada repetição consistiu-se de uma única planta. Os dados de percentagem de abscisão de folhas e frutos, clorofila, flavonóides, balanço de nitrogênio e vida de prateleira, foram submetidos à análise estatística descritiva por meio da média, desvio e erro padrão ($n=5$) de cada variedade para cada variável analisada (Banzatto e Kronka, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os genótipos apresentaram diferentes níveis de sensibilidade ao etileno. De acordo com os critérios classificatórios para sensibilidade de pimenteiros ornamentais ao etileno, dispostos neste estudo, verificou-se que as quatro variedades comerciais exibiram de moderada a alta sensibilidade à exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas (Tabela 2). As folhas dos quatro genótipos apresentaram maior responsividade ao etileno que os frutos.

Na variedade ‘Espagueteinho’, a exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas, causou 96,9% de abscisão acumulada de folhas, associado a 12,3% de abscisão acumulada de frutos logo após o tratamento (Figuras 1 e 2). As folhas foram classificadas como altamente sensíveis enquanto que os frutos exibiram moderada sensibilidade (Tabela 2). As plantas do tratamento com etileno foram descartadas precocemente, logo no 1º dia de prateleira, por apresentarem-se inaptas à comercialização.

Tabela 2. Classificação da sensibilidade ao etileno das folhas e frutos de quatro variedades comerciais de pimenteiros ornamentais Insensíveis (I); Moderadamente sensíveis (M) e Altamente sensíveis (A) à exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.

Variedades	Espécie	Sensibilidade	
		Folhas	Frutos
Pimenta ‘Espagueteinho’	<i>C. frutescens</i>	A	M
Pimenta ‘Etna’	<i>C. frutescens</i>	M	I
Pimenta ‘Peppa’	<i>C. annuum</i>	A	M
Pimenta ‘Karneval’	<i>C. annuum</i>	A	I

Nas plantas controle (externo e câmara) não houve quase nenhuma abscisão de frutos, porém foi observado um alto percentual de queda de folhas a partir do 3º dia de vida de prateleira, evidenciando que a produção do fitormônio

pelas plantas que permaneceram na bancada e o acumulado na câmara tiveram efeito similar, tanto em folhas como em frutos.

Os controles foram descartados no segundo dia de avaliação (3º dia de prateleira). Nesse caso, além da ação do próprio etileno produzido pelas plantas, podem estar associados efeitos relacionados às condições de baixa radiação ($7\text{--}10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ luz fluorescente), no interior do ambiente a qual as plantas foram submetidas após tratamento. A sensibilidade ao etileno é um importante atributo durante o transporte e comercialização de rosas envasadas em lojas, supermercados e outras áreas onde o ar é comumente contaminado com esse gás (Muller *et. al.*, 1998).

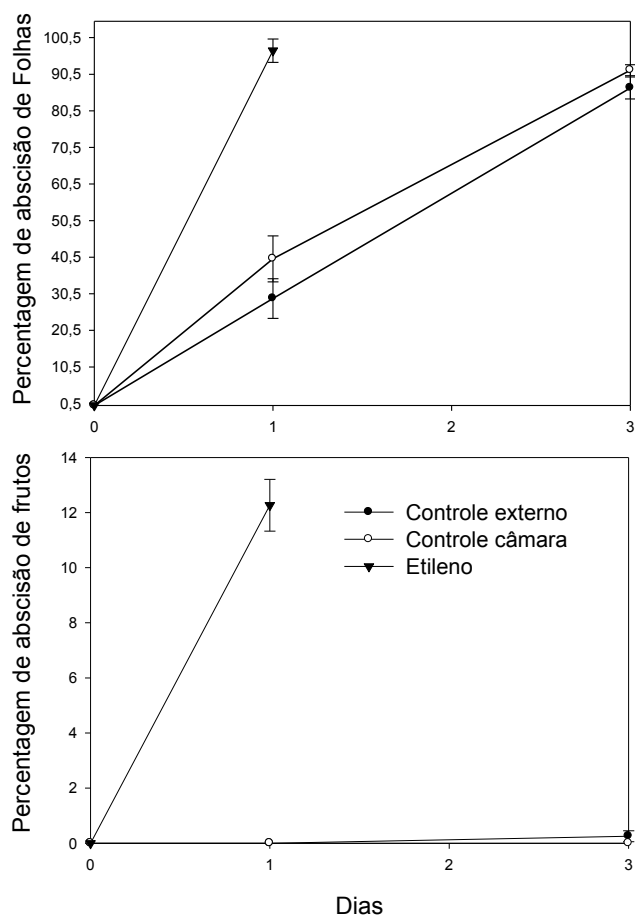


Figura 1. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Espagueteinho’ (*Capsicum frutescens*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=5$).



Figura 2. Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Espaguetinho’ (*Capsicum frutescens*) antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.



Figura 3. Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Etna’ (*Capsicum frutescens*) antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.

Nos frutos em estágio de maturação verde e verde maduro ocorreu abscisão, e os que permaneceram na planta tiveram sua coloração intensificada após a exposição ao gás. Isto pode estar relacionado ao fato de que a sensibilidade do fruto de pimenta ao etileno depende do estágio de desenvolvimento, sendo os frutos jovens os mais sensíveis (Beaudry e Kays, 1988; Hoyer, 1996).

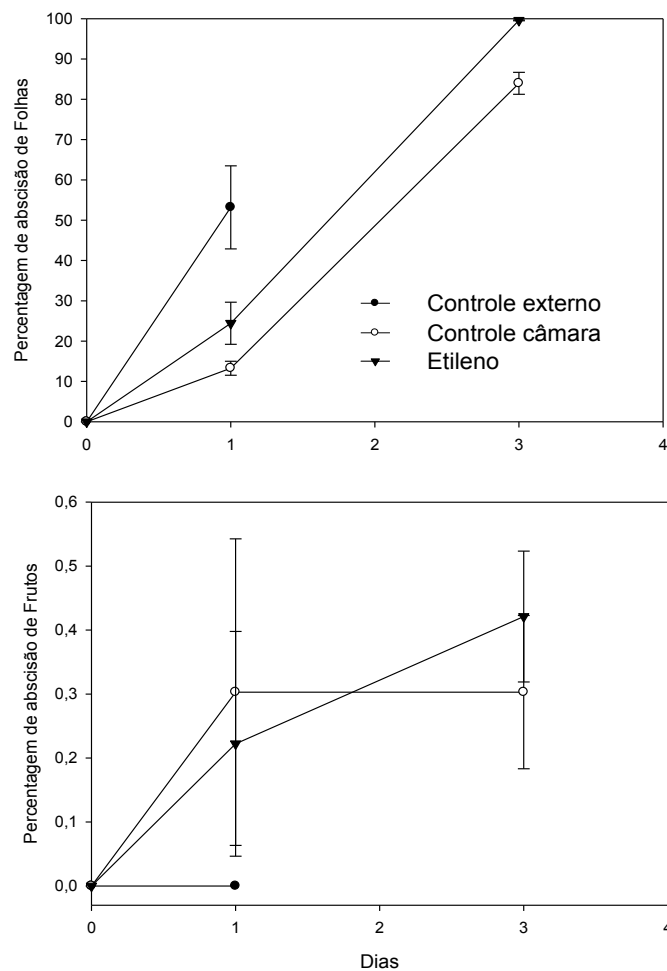


Figura 4. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Etna’ (*Capsicum frutescens*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

A variedade comercial ‘Etna’ mostrou-se moderadamente sensível ao etileno (Tabela 2 e Figura 3). Após a exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h, a variedade apresentou o percentual de 24,7% de abscisão acumulada de folhas e

apenas 0,2% de abscisão acumulada de frutos (Figuras 4). Diferentemente do controle externo, com 53,2% de abscisão foliar logo no 1º dia de prateleira. As plantas do controle câmara e tratamento com etileno permaneceram até o 3º dia de prateleira, tendo atingido os percentuais de 84 e 100% de abscisão foliar, respectivamente (Figuras 4).

A baixa sensibilidade ao etileno em genótipos de pimenteiras ornamentais tem sido reportada. Segatto (2007) classificou o acesso BGH 7073 e a cv. MG como pouco sensíveis ao etileno em relação à abscisão foliar. Resultados semelhantes foram obtidos por Cavette (2012) ao classificar a variedade Roxa como pouco sensível ao etileno quando comparada ao acesso BGH 1039 que perde a maioria de suas folhas mesmo se exposto a pequenas concentrações do regulador de crescimento.



Figura 5. Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Peppa’ (*Capsicum annuum*) antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.

A resposta ao etileno pode variar entre ou dentre espécies, além de cada parte da planta apresentar níveis de sensibilidade diferentes, em resposta ao gás etileno. As plantas consideradas altamente sensíveis ao etileno apresentam

senescência quando expostas a 0,5-1,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Todavia, a sensibilidade para cada planta pode ser determinada pelo uso de 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno uma vez que concentrações superiores não são encontradas naturalmente ou em ambientes de interior (Abeles *et al.*, 1992; Khan, 2006; Segatto, 2007).

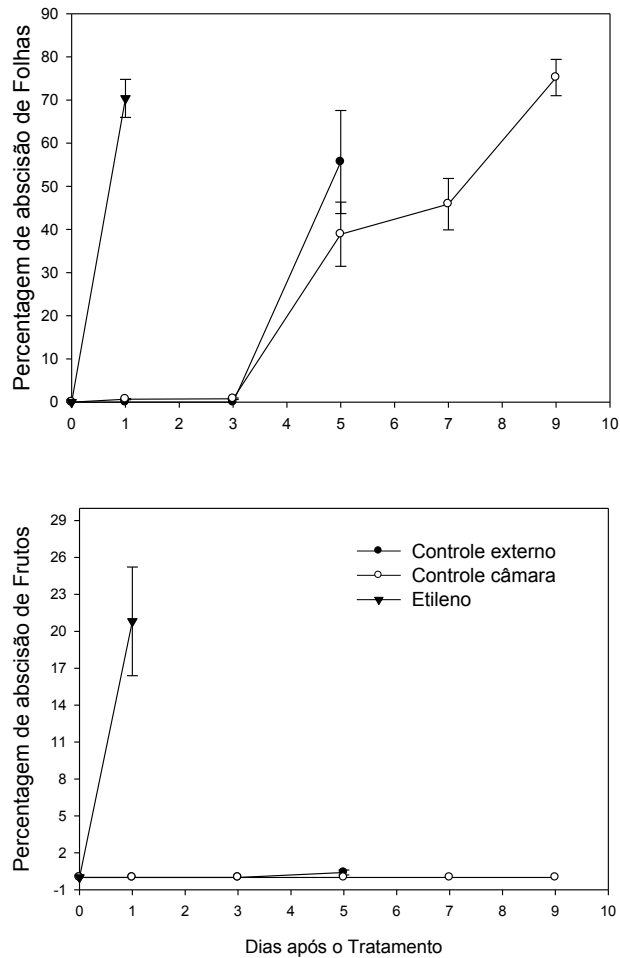


Figura 6. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Peppa’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

Quanto à variedade comercial ‘Peppa’, o percentual de abscisão acumulada de frutos foi de 20,8%, ao passo que nas folhas o percentual foi representativo, 70,4%, 48 horas após a aplicação de 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Com isso, o genótipo pode ser considerado altamente sensível ao etileno. As folhas foram mais

sensíveis à aplicação de etileno que os frutos, ainda que os mesmos tenham sido classificados como moderadamente sensíveis (Tabela 2) (Figuras 5 e 6).

Os controles (externo e câmara) diferiram. Para o controle externo, ao contrário da abscisão de frutos, foi observado um alto percentual de abscisão de folhas, 55,6% já a partir 3º dia prateleira. Para o controle câmara, o percentual de queda foi de 75,2%, somente a partir do 9º dia de vida de prateleira, evidenciando que a produção do fitormônio pelas plantas e o acumulado na câmara tiveram efeitos diferentes para tal genótipo e que o etileno presente no ar circundante pode ter intensificado a perda de folhas nas plantas que permaneceram durante todo o tempo no ambiente de interior.

Foram verificadas alterações e/ou intensificação na coloração dos frutos após a aplicação de etileno exógeno, independente do estágio de maturação dos frutos. Estes dados corroboram com os encontrados por Krajayklang *et al.* (2000), que observaram alteração na coloração de pimentões em diferentes estádios de maturação após a aplicação de 100 a 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno exógeno.

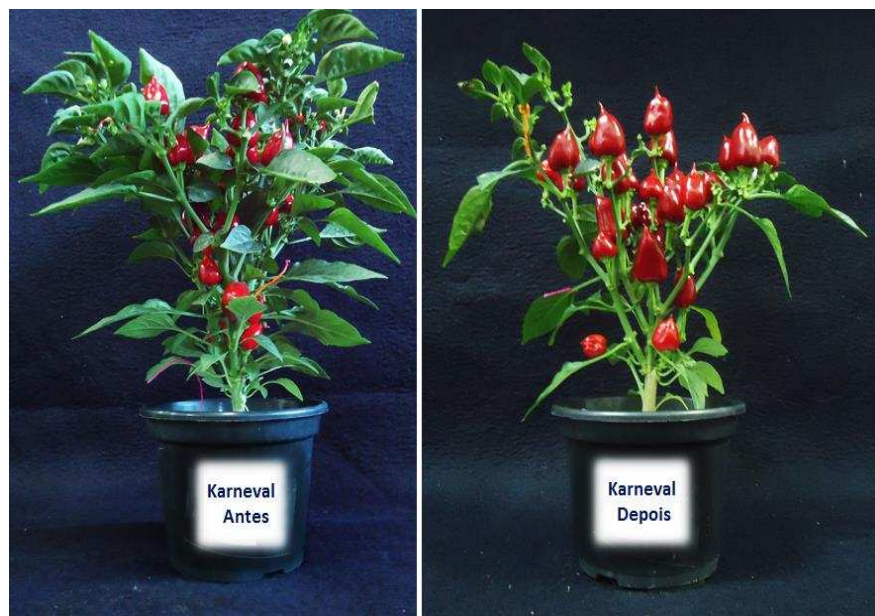


Figura 7. Aspecto geral da planta de Pimenta ‘Karneval’ (*Capsicum annuum*) antes e após a aplicação de 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas.

A variedade ‘Karneval’, foi classificada como altamente sensível (Tabela 2). A aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas, causou cerca de 60% de abscisão acumulada de folhas, associado a 3,1% de abscisão acumulada de frutos (Figuras 7 e 8).

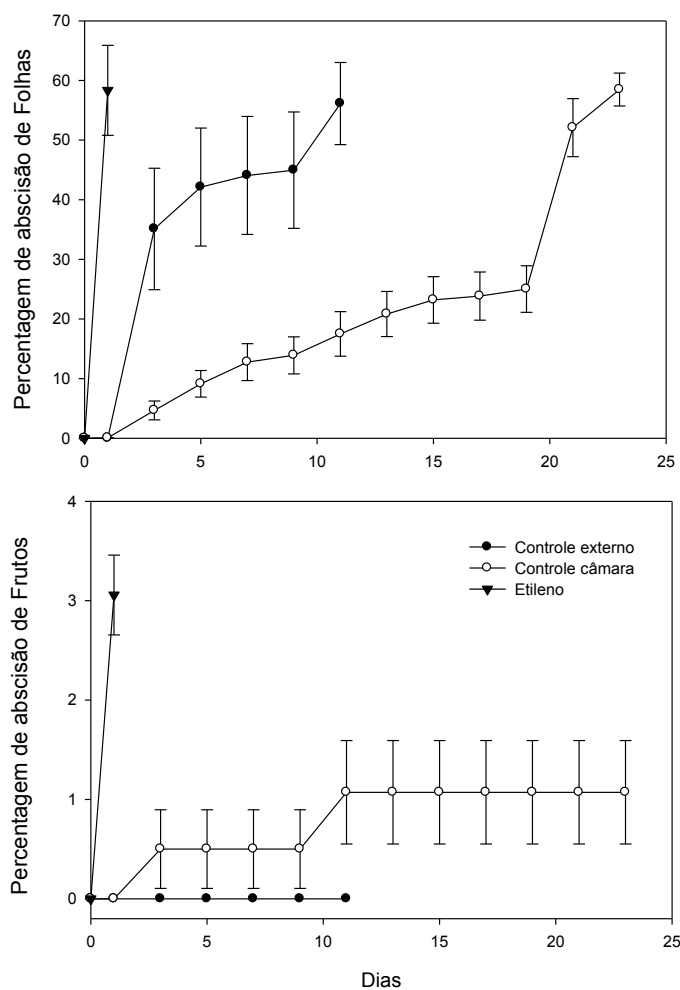


Figura 8. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Karneval’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

A percentagem de abscisão para os controles foi diferenciada. Ao contrário do tratamento com etileno, a queda de folhas para o controle externo somou 56,1% a partir do 11º dia de prateleira e para o controle câmara, o percentual foi de

52,1% somente no 23° dia prateleira (Figura 8). Os frutos pouco responderam a aplicação $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas. Geralmente, as folhas são mais sensíveis ao etileno que os frutos (Segatto, 2007). No caso de mudanças na coloração dos frutos, o etileno pode influenciar tanto a síntese como a degradação de carotenoides, uma vez que, durante o amadurecimento, o mesmo é responsável pela carotenogênese (Casas *et al.*, 1989).

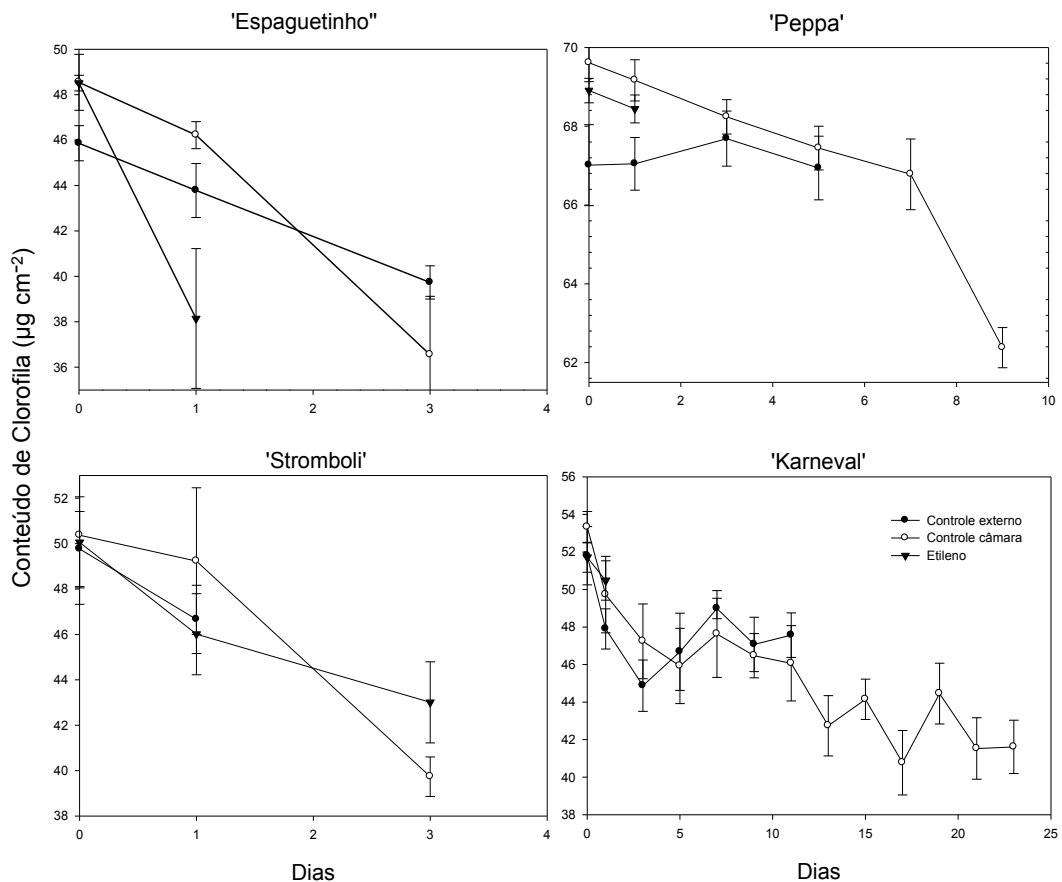


Figura 9: Conteúdo de clorofila ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de quatro variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=5$).

Sem a exposição ao etileno por 48 h, a variedade 'Karneval' foi a que menos apresentou queda de folhas, mesmo nas plantas que sofreram SPT sem exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ etileno (controle câmara). No entanto, esta variedade mostrou-

se ser altamente sensível à ação do etileno, mediante simulação de transporte e exposição ao etileno, com as plantas tendo sido descartadas logo no 1º dia de prateleira.

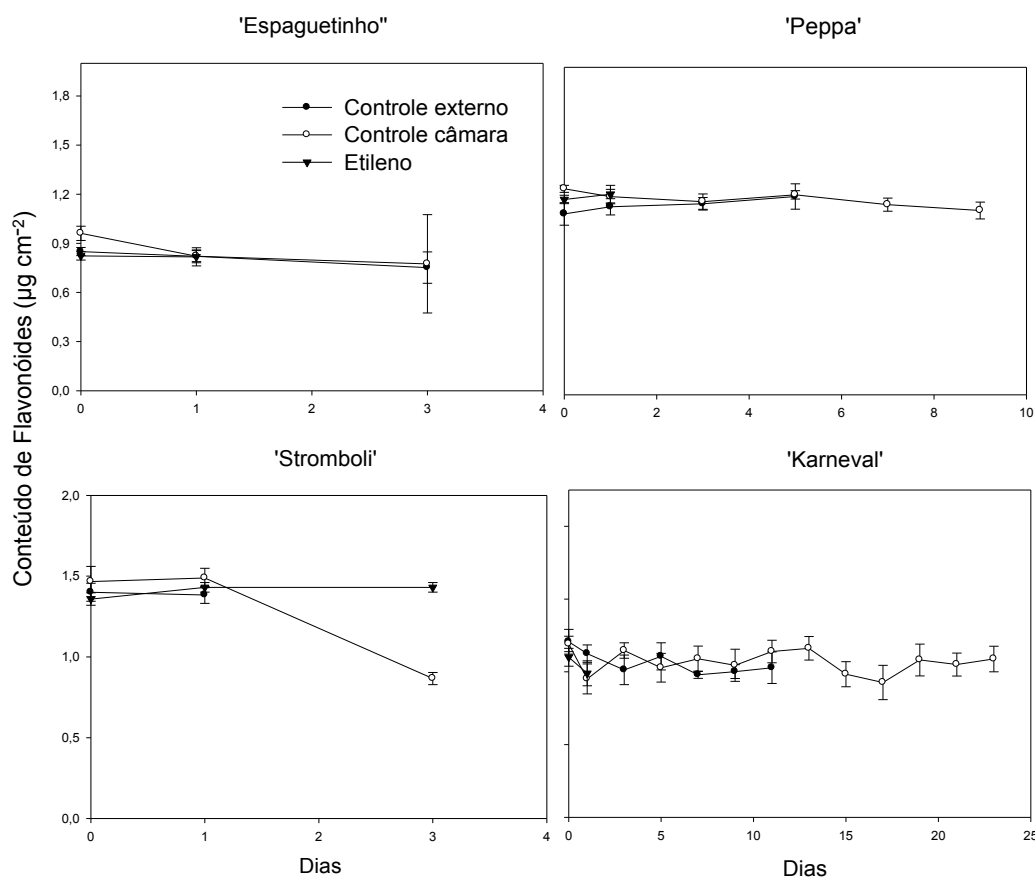


Figura 10: Conteúdo de flavonóides ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de quatro variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=5$).

Para estas variedades da espécie *C. annuum*, 'Peppa' e 'Karneval', as folhas demonstraram-se mais sensíveis ao etileno que os frutos, apresentando alta taxa de abscisão com descarte no 1º dia de prateleira e perda total de sua beleza ornamental. Esses resultados corroboram com os encontrados por Hoyer (1996), ao trabalhar com diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno em plantas *C. annuum* cv. 'Jane'. O mesmo observou efeitos como abscisão de folhas e frutos tendo reduzido o valor comercial das plantas drasticamente após a exposição.

Resultados semelhantes foram encontrados por Segatto *et al.* (2013) para Calypso. A cultivar comercial altamente sensível apresentou 100% de abscisão foliar logo após a exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno exógeno, tendo sofrido perda total de sua beleza ornamental.

Os danos causados pelo etileno têm sido descritos em diversas espécies. O etileno aumenta a senescência em flores climatéricas tais como cravos e orquídeas em resposta a produção autocatalítica (Verlinden *et al.* 2002;. Mapeli *et al.* 2009). Um estudo mostrou que flores de *Epidendrum ibaguense* são sensíveis ao etileno, mostrando murcha intensa e abscisão depois de ser expostos a concentrações relativamente baixas (Moraes *et al.* 2007). Roberts *et al.* (1995), verificaram que em cultivares de *Dicentra eximia*, *Dicentra formosa* e *Dicentra spectabilis* houve murchamento e abscisão acelerada das pétalas em presença de etileno. Em mini rosas ‘Victory Parade’, a pulverização com ethephon reduziu drasticamente a longevidade vida pós-colheita das flores (Serek, 1993).

As plantas das variedades ‘Espagueteinho’, ‘Etna’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’ tiveram redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio (Figura 9). Porém, o conteúdo de flavonóides, praticamente não foi alterado ao longo da vida de prateleira (Figura 10). Os dados revelam um impacto negativo na intensidade de coloração verde das folhas independente da variedade e do tratamento. Além disso, a cv. ‘Espagueteinho’ demonstrou que, após a retirada das plantas da câmara, um alto percentual de folhas sofridas abscisão apresentavam-se completamente amarelcidas. Isso indica que a aplicação de etileno acelera a degradação de clorofila tanto em folhas destacadas como em folhas não destacadas (Khan, 2006). O amarelecimento de folhas em decorrência do etileno exógeno tem sido reportado em folhas de crisântemo, alstroemeria, rosas em miniatura e *Poinsettia* (Hibma, 1988; Tjosvold *et al.*, 1994; Ferrante *et al.*, 2002). Em pimentas ornamentais, Segatto (2007), observou redução nos níveis de clorofila total para todos os genótipos avaliados independente da concentração (1 ou $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno) e do tempo de exposição (24 ou 48 h).

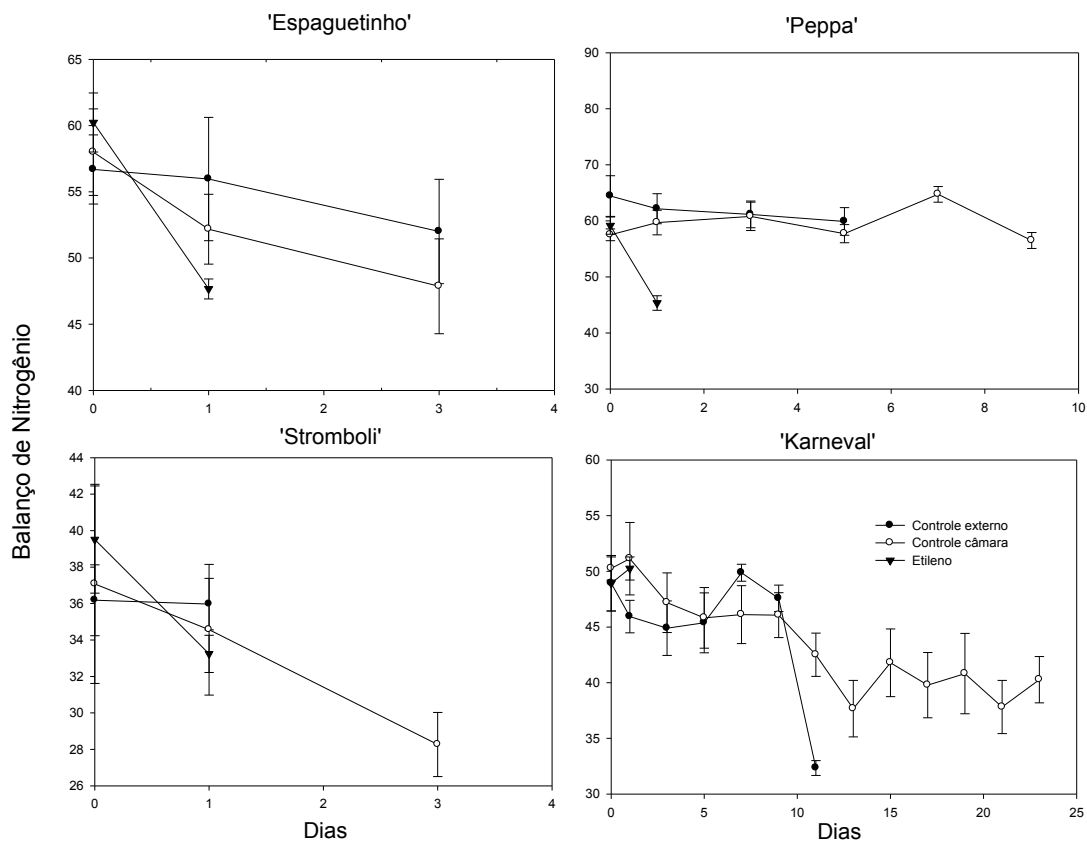


Figura 11: Balanço de Nitrogênio ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de quatro variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

A exposição ao etileno pouco influenciou no conteúdo de flavonóides nas cultivares estudadas. Estes resultados podem estar relacionados de forma mais direta com as condições de escuro e baixa irradiância a qual foram submetidas as plantas. As condições de baixa luminosidade reduzem os conteúdos de clorofila e balanço de nitrogênio, mas não provocam incrementos na produção de flavonóides nas variedades de pimentas ornamentais avaliadas neste trabalho, após a exposição ao etileno e ao longo da vida de prateleira (Figura 10). Segundo Atroch (1999) e Agati *et al.*, (2013), o teor de fenólicos aumenta com níveis crescentes de irradiação, sendo considerados eficazes barreiras UV. Já Kandil *et al.*, (2004), afirmam que produção e o acúmulo de polifenóis ocorre quando a planta está sob estresse e o uso do carbono

para o crescimento ou reprodução das plantas é reduzido pela falta de nutrientes. Os flavonóides têm sido propostos para combater os altos danos oxidativos induzidos pela alta intensidade luminosa, reduzindo a geração e/ou os efeitos das ROS (Agati *et al.*, 2013).

Tabela 3. Vida de prateleira de pimenteiros ornamentais em vaso submetidas a 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas e os controles externo e câmara. A vida de prateleira compreendeu os dias entre a retirada das plantas das câmaras até o dia em que as mesmas atingiram 50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas.

Variedades comerciais	Vida de prateleira (Dias)		
	Controle externo	Controle câmara	Etileno
‘Espagueteinho’	3,0	3,0	1,0
‘Etna’	1,0	3,0	3,0
‘Peppa’	5,0	9,0	1,0
‘Karneval’	11,0	23,0	1,0

Houve diminuição no conteúdo de N nas folhas das variedades estudadas. Dependendo da espécie há correlação negativa entre os teores de compostos fenólicos e de N na folha, e correlação positiva deste com os teores de clorofila e com o índice balanço de nitrogênio (Coelho *et al.*, 2012). A concentração de N foliar também apresenta correlação significativa a com a taxa de fotossíntese (Vouilot; Huet e Boissard, 1998).

Quando os níveis de balanço de N mostram-se reduzidos é sinal de que o N é limitante na planta. Isto sugere que o crescimento das plantas é reduzido, havendo o acúmulo de carboidratos em seus tecidos de acordo com a hipótese do balanço de carbono/nutrientes (Bryant *et al.*, 1983). Esse acúmulo poderá direcionar o carbono para a síntese de metabólitos secundários, como os polifenóis (flavonóides, taninos hidrolizáveis e “sideroxylonals”) e terpenos (Hamilton *et al.*, 2001), indicando que a planta está sob estresse.

Quanto à vida de prateleira (Tabela 3), a despeito da variedade ‘Etna’, os demais genótipos que receberam tratamento com etileno, tiveram suas vidas de prateleiras reduzidas a apenas um dia. Para ‘Peppa’ e ‘Karneval’ os controles apresentaram maior vida de prateleira enquanto que ‘Espaguetinho’ e ‘Etna’ apresentaram menor longevidade pós-produção independente do tratamento. A SPT e SSI as quais as plantas foram submetidas afetou de forma mais intensa a durabilidade comercial das variedades da espécie *C. frutescens* e de forma moderada as variedades da espécie *C. annuum*.

Estes resultados podem estar relacionados de forma direta com as condições de escuro durante a simulação de transporte, baixa radiação (7–10 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ luz fluorescente) e temperatura ambiente (± 25 °C) no interior da sala a qual as plantas foram submetidas após o tratamento. As cvs. ‘Peppa’ e ‘Karneval’ provavelmente, apresentam pontos de compensação luminosos mais baixos, podendo suportar condições de baixa luminosidade por períodos prolongados sem grandes perdas na qualidade ornamental, ao contrário das cvs. ‘Espaguetinho’ e ‘Etna’ que possivelmente apresentam pontos de compensação luminosos mais altos que os oferecidos pela condição de interior. Segundo Cavette (2012), a resposta à baixa irradiância é dependente da variedade. Em seu experimento, foi verificado que as plantas da variedade BGH 1039 quando transportadas na presença de luz apresentam maior taxa de abscisão foliar que no escuro. Já para variedade ‘Roxa’, o escuro favoreceu a manutenção da qualidade ornamental das plantas.

Para as variedades avaliadas neste estudo, pode-se inferir que as condições de interior estimularam a produção de etileno e as cultivares da espécie *C. frutescens* demonstraram maior sensibilidade. Recomendando-se para as mesmas, locais para ornamentação que às proporcionem maiores intensidades luminosas, visto sua ineficiência em condições de baixo suprimento de luz, mantidas nos ensaios de simulação. De acordo com Buchanan *et al.* (2003), folhas que se tornam mais velhas, ou que são deixadas no escuro, passam a produzir mais etileno. A redução da longevidade em pimenteiros ornamentais tem sido reportada para cultivar comercial Calypso, que teve sua longevidade afetada, quando submetida a condições de luminosidade inferior ao seu ponto de compensação luminoso, 18 $\mu\text{mol de luz s}^{-1} \text{m}^{-2}$. Ainda no mesmo estudo, para as mesmas condições de interior, os demais

genótipos avaliados BGH 1039, BGH 7073 e cv. MG apresentaram vida de prateleira maior, uma vez que seus pontos de compensação luminosos são mais baixos (8,7; 9,1 e 18,78 $\mu\text{mol de luz s}^{-1} \text{ m}^{-2}$) (Segatto, 2007).

Segundo os critérios de classificação de pimenta ornamental da Veiling Holambra (2015), um vaso de pimenta ornamental deve ter uma boa formação e hastes com boa cobertura de vaso (enfolhamento) para ter uma classificação desejável, lotes sem essas características são devolvidos ao fornecedor. Nas condições reais em que o transporte de plantas ornamentais ocorre no Brasil, geralmente em caminhões baú, no escuro, sem ventilação e irrigação, por mais de 48 horas (Junqueira e Peetz, 2002), e neste caso, as variedades Pimenta 'Espagueteinho' e Pimenta 'Etna', seriam descartadas por terem suas características ornamentais comprometidas.

4. CONCLUSÕES

1. Os genótipos apresentaram diferentes níveis de sensibilidade ao etileno;

2. A variedade comercial 'Etna', exibiu moderada sensibilidade à exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h, ao passo que 'Espaguetinho', 'Peppa' e 'Karneval', foram classificadas como altamente sensíveis ao etileno;

3. As folhas dos quatro genótipos apresentaram maior responsividade ao etileno que os frutos, apresentando alta taxa de abscisão;

4. As plantas das variedades 'Espaguetinho', 'Etna', 'Peppa' e 'Karneval' apresentaram redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio. Já os conteúdos de flavonóides, praticamente não foram alterados ao longo da vida em vaso;

5. A exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 horas afetou a qualidade e a longevidade das plantas, reduzindo drasticamente a vida de prateleira.

6. REFERÊNCIAS

- ALTVORST, A.C.V.; BOVY, A.G. The role of ethylene in the senescence of carnation flower, a review. **Plant Growth Regulation**, v.16, n.1, p.43-53, 1995.
- ABELES, F. B., MORGAN, P. W., & SALTVEIT JR, M. E. Ethylene in plant biology. **Academic press**. 1992.
- AGATI, G., BRUNETTI, C., DI FERDINANDO, M., FERRINI, F., POLLASTRI, S., & TATTINI, M. Functional roles of flavonoids in photoprotection: new evidence, lessons from the past. **Plant physiology and biochemistry: PPB/Societe francaise de physiologie vegetale**, 72, 35-45, 2013.
- ATROCH, E.A.C. Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forticata* submetidas a diferentes níveis de irradiação. **Dissertação de Mestrado em Fisiologia Vegetal**. Universidade Federal de Lavras, Lavras. MG. 62 p. 1999.
- BEAUDRY R. M. KAYS, S. J. Effect of ethylene source on abscission of papper plant organs. **HortScience**, v. 23, p. 742-744, 1988.
- BRYANT, J.P.; CHAPIN, F.S.; KLEIN, D.R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**, v.40, p.357-368, 1983.
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. Cadeia produtiva de frutas, Série agronegócios. Brasília: **IICA: MAPA/SPA**, 102 p., 2007.
- BUCHANAN W. V., EARL, S., HARRISON, E., MATHAS, E., NAVABPOUR, S., PAGE, T., & PINK, D. The molecular analysis of leaf senescence a genomics approach. **Plant Biotechnology Journal**, 1(1), 3-22. 2003.
- CASAS, A.; MALLENT, D. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influência de la especie, de la variedad y de la temperature. **Rev. Agroq. Tecno. Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 185-202, 1989.
- CAVETTE, P.C. Longevidade de pimentas ornamentais (*Capsicum annuum* L.) sob estresse de temperatura e luz. **Tese**. Universidade Federal do ceará, 74 p., 2012.
- CHITARRA, M. I. F. CHITARRA, A. B. Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e manuseio. 2. ed. **Lavras: UFLA**, 785 p. 2005.
- 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.

- FERRANTE, A., HUNTER, D. A., HACKETT, W. P., & REID, M. S. Thidiazuron - a potent inhibitor of leaf senescence in *Alstroemeria*. **Postharvest Biology and Technology**, 25 (3), 333-338, 2002.
- FONTES, P. C. R. Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa: **Arka Editora**, 296 p. 2011.
- HAMILTON, J.G.; ZANGERL, A.R.; DELUCIA, E.H.; BERENBAUM, M.R. The carbon-nutrient balance hypothesis: its rise and fall. **Ecology Letters**, v.4, p.86-95, 2001.
- HIBMA, J. (1988). Development of a test for the control of the use of pre-treatment conditioning materials against leaf yellowing in *Alstroemeria*. Verslag **Centrum voor Agrobiologisch**, Onderzoek, 91, 26.
- 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, n. 4, p. 621-628, 1996.
- 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, n. 4, p. 621-628, 1996.
- KANDIL, F.E.; GRACE, M.H.; SEIGLER, D.S.; CHEESEMAN, J.M. Polyphenolics in *Rhizophora mangle* L. leaves and their changes during leaf development and senescence. **Trees**, v.18, p.518-528, 2004.
- KHAN. A. N. Ethylene action in plants. Netherlands; **Springer**, 205p., 2006.
- KRAJAYKLANG, M.; KLIEBER, A.; DRY, P. R. Colour at harvest and postharvest behaviour influence paprika and chille spice quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, p.269-278, 2000.
- MAPELI, A.M., OLIVEIRA, L.S, MEGGUER, C.A., BARBOSA, J.G., BARROS, R.S., FINGER, F.L. Characterisation of respiration, ethylene production, and carbohydrate contents during flower opening in *Epidendrum ibaguense*. **J. Hortic Sci & Biotech**. 84: 609-612, 2009.
- MORAES PJ, FINGER FL, BARBOSA JG, CECON PR, Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense* Kunth. **Rev Bras Hortic Ornament**. 13:31-37, 2007.
- MULLER, R.; ANDERSEN, A. S.; SEREK, M. Differences in display life of miniature potted roses (*Rosa hybrid* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 76, p. 59-71, 1998.

- NOWAK, J.; RUDNICK, R.M. Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plant. **Portland:** Timber Press, 210p., 1990.
- PORAT, R.; SHLOMO, E.; SEREK, M.; SISLER, E.C; BOROCHOV, A. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene action in cut phlox flowers. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.6, p.313-319, 1995.
- ROBERTS, C. M.; SEREK, M.; ANDERSEN, A. S. Supplemental Irradiance and STS improve the display life of *Dicentra* species forced as flowering potted plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 62, p.121-128, 1995.
- SEGATTO, F. B. Avaliação da qualidade “Pós-produção” de pimenta ornamental (*Capsicum annum* L.) cultivadas em vaso. Viçosa, 2007. 100f. **Tese** (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- 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 annum* L.). **Acta Horticulturae**, v. 1000, p.217-222, 2013.
- SERЕК, M.; REID, M. S. Anti-ethylene treatments for potted Christmas Cactus – efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. **HortScience**, v. 28, n. 2, p. 180-181, 1993.
- SISLER, E. C., and M. SEREK. "Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments." **Physiologia Plantarum**, p. 577-582., 1997.
- TJOSVOLD, S. A., WU, M. J., & REID, M. S. Reduction of postproduction quality loss in potted miniature roses. **HortScience**, 29(4), 293-294, 1994.
- VEILING HOLAMBRA. COOPERATIVA. Departamento de Qualidade e Pós-Colheita. **Disponível em** <http://www.veiling.com.br/uploads/padrao_qualidade/criterios/pimenta-ornamental-po.pdf>. Acesso em 03. Jan. 2015.
- VERLINDEN S, BOATRIGT J, WOODSON WR. Changes in ethylene responsiveness of senescence-related genes during carnation flower development. **Physiol Plantarum.**; 116: 503-511, 2002.
- VOUILOT, M. O.; HUET, P.; BOISSARD, P. Early detection of N deficiency in wheat crop using physiological and radiometric methods. **Agronomie**, v. 18, p. 117-130, 1998.

CAPITULO II

Ação do 1-MCP e do STS na longevidade de pimenteiras ornamentais envasadas sensíveis ao etileno

RESUMO

OLIVEIRA, Milena Maria Tomaz de. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro, 2015. **Ação do 1-MCP e STS na longevidade de pimenteiras ornamentais envasadas sensíveis ao etileno.** Orientador: Prof. Ph. D. Fernando Luiz Finger.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação do 1-MCP e STS sobre a longevidade de variedades comerciais de pimenteira ornamental, das espécies *C. annuum* e *C. frutescens*, classificadas como altamente sensíveis ao etileno. Plantas de pimenteiras ornamentais em vaso ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’ foram tratadas com os inibidores da ação do etileno, 1-Metilciclopropeno (1-MCP) e Tiosulfato de prata (STS). As plantas, no ponto ideal de comercialização caracterizado por 50% da população com pelo menos 30% dos frutos completamente amadurecidos foram submetidas aos tratamentos: 1) controle externo; 2) controle câmara; 3) fumigação com $1 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP por 6 h; 4) fumigação com $1 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP por 6 h seguido por exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h; 5) pulverização com 2 mM de STS; 6) pulverização com 2 mM de STS seguido por exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h e 7) exposição a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h. Para 1, as plantas permaneceram sobre uma bancada, no interior de uma sala durante toda a condução do experimento. A aplicação dos tratamentos se deu em câmaras herméticas de 90 L. As plantas tratadas foram transferidas para o interior de uma sala para simulação de interior (lojas, supermercados e casa do consumidor final) há 20–25 °C e 7–10 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ de luz fluorescente pelo regime de 12 horas, irrigadas com 150 ml de água/vaso quando necessário. Para as variedades ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, o pré-tratamento com 1-MCP, mesmo seguido de etileno foi altamente eficaz em inibir a ação do etileno e reduzir a abscisão de folhas e frutos. A aplicação de STS isolado teve efeito positivo sobre a longevidade, não havendo indícios de fitotoxidez. O tratamento com STS quando seguido por exposição ao etileno, não apresentou efeito em inibir a ação do etileno, tendo efeito semelhante aos controles ou etileno isolado. De maneira geral, As variedades revelaram uma redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio. Já os conteúdos de flavonóides, não foram afetados ao longo da vida em vaso. O 1-MCP foi altamente eficaz na

manutenção da qualidade e da durabilidade comercial de plantas de pimenta ornamental cultivadas em vaso, altamente sensíveis ao etileno.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Milena Maria Tomaz. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2015. **Effect of 1-MCP and STS on longevity of ornamental pepper to ethylene sensitive potted.** Adviser: Fernando Luiz Finger.

The objective was to evaluate the effects of 1-MCP and STS on the longevity of commercial varieties of ornamental pepper, of *C. annuum* and *C. frutescens*, classified as highly sensitive to ethylene. Plant ornamental pepper potted 'Espagueteinho', 'Peppa' and 'Karneval' were treated with ethylene action inhibitor, 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and Silver Thiosulfate (STS). The plants, in the sweet spot marketing wherein 50% of the population with at least 30% of fully ripe fruits were treated: 1) external control; 2) control chamber; 3) spraying with $1 \mu\text{L L}^{-1}$ of 1-MCP for 6 h; 4) fumigation with $1 \mu\text{L L}^{-1}$ 1-MCP for 6 h followed by exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 h; 5) spraying with STS 2 mM for 2 h; 6) spraying with 2 mM STS for 2 hours followed by exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 h and 7) exposure to $10 \mu\text{L L}^{-1}$ ethylene for 48 h. For 1, the plants remained on a bench in the interior of a room throughout the experiment. The spraying took place in airtight chambers 90 L. The treated plants were transferred to the interior of a room for indoor simulation (shops, flower shops, supermarkets and home of the final consumer) there is $20\text{-}25^\circ \text{C}$ and $7\text{-}10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ fluorescent light for 12 hours scheme irrigated with 150 ml of water/pot when required. For varieties 'Espagueteinho', 'Peppa' and 'Karneval' pretreatment with 1-MCP, even followed ethylene was highly effective in inhibiting the ethylene action and reduce leaf and fruit abscission. STS Applying isolated had a positive effect on longevity, with no evidence of toxicity symptoms. Treatment with STS when followed by exposure to ethylene, no effect in inhibiting the action of ethylene, having an effect similar to the controls or isolated ethylene. In general, varieties showed a reduction in chlorophyll content and nitrogen balance. Since the content of flavonoids were not affected during the life of the vessel. The 1-MCP was highly effective in maintaining the quality and durability of commercial ornamental pepper plants grown in pots, highly sensitive to ethylene.

1. INTRODUÇÃO

Em virtude dos efeitos diversos causados pela ação do etileno em grande número de espécies ornamentais, muitos deles indesejáveis, técnicas visam a manutenção da qualidade, tornando os tecidos menos sensíveis à ação do etileno. O uso de métodos como inibição da produção, bloqueio do sítio receptor ou remoção do etileno do ambiente são comumente utilizados na conservação pós-colheita de plantas ornamentais (Serek *et al.*, 2006).

O etileno está envolvido na regulação de vários processos do crescimento e desenvolvimento, tendo sua produção aumentada durante certos estádios de desenvolvimento, tal como a senescência de flores ou amadurecimento de frutos; ou em respostas a vários estresses. As mais diversas espécies de plantas ornamentais podem responder diferentemente ao etileno, e essa resposta é dependente da cultivar e referente ao nível de expressão de genes receptores e das enzimas responsáveis pela síntese de etileno (Reid *et al.*, 1989; Xue *et al.*, 2008, Ma *et al.*, 2005; Tan *et al.*, 2006). O etileno pode exercer uma retroalimentação positiva ou negativa sobre sua biossíntese, dependendo do órgão, tecido ou estádio de desenvolvimento (Taiz e Zaiger, 2013; Chang *et al.*, 2007). Porém, a sensibilidade do tecido vegetal ao etileno pode ser retomada pela síntese de novos sítios de ligação permitindo a retomada da ação do etileno (Blankenship e Dole, 2003).

Um dos principais objetivos encontrados na fase de pós-produção consiste em anular ou retardar os efeitos deletérios causados pelo etileno, através da remoção ou redução da sensibilidade dos tecidos. Inibidores da ação do etileno podem ser ligados aos sítios receptores, impedindo que o etileno se ligue em tecidos tratados, podendo permanecer por longos períodos (Sisler e Serek, 1997). Inibidores da ação do etileno como a prata e o 1- Metilciclopropeno (1-MCP) são eficientes em reduzir ou retardar seus efeitos por agirem também sobre o etileno presente no ambiente de transporte e/ou armazenamento.

Estudos têm relatado a manutenção da qualidade pós-produção em plantas ornamentais previamente pulverizadas com o inibidor da ação do etileno, Tiosulfato de prata (STS) (Cameron e Reid, 1981; Serek e Reid, 1993). Pulverizações com STS impediram a abscisão de pétalas de gerânios (*Pelargonium* ×

hortorum Bailey) e *Regal Pelargoniums* (Deneke *et al.* 1990) e melhorou a qualidade de muitas plantas como flores envasadas (Han e Boyle, 1996; Serek e Trolle, 2000; Tjosvold *et al.*, 1994).

Esta técnica tem sido generalizada e tem amplo uso comercial (Fjeld e Moe, 1985), no entanto tem sido criticada por razões ambientais (Nell, 1992). A utilização de metais pesados na horticultura é motivo de contínua preocupação provocando a procura por estratégias alternativas ao uso do STS na superação de problemas relacionados com o etileno.

O 1-Metilciclopropeno (1-MCP), um dos principais ciclopropenos (CPs), é efetivo na prevenção dos efeitos deletérios do etileno nas plantas (Serek e Sisler, 2001). O 1-MCP tem sido o mais promissor em bloquear a ação do etileno, principalmente devido a sua alta afinidade pelo sítio receptor. Este composto efetivamente bloqueia a abscisão causada pelo etileno em *Lupinus havardii* (Sankhla *et al.*, 2001), cravos (Serek *et al.*, 1995); o amadurecimento de bananas (Golding *et al.*, 1998) e inibe o amarelecimento em folhosas (Ella *et al.*, 2003).

Vários são os benefícios promovidos pelo 1-MCP em plantas, porém sua eficácia é dependente da concentração, tempo de exposição e temperatura de aplicação, sendo variável entre diferentes espécies (Serek *et al.*, 1995; Sisler e Serek, 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação do 1-MCP e STS sobre a longevidade de variedades comerciais de pimenteira ornamental, das espécies *C. annuum* e *C. frutescens*, classificadas como altamente sensíveis ao etileno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e Matéria prima

O experimento foi desenvolvido na casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa durante o período de março a novembro de 2014. Neste experimento, foram avaliadas 3 variedades comerciais de pimenteiras altamente sensíveis ao etileno (classificadas previamente) quanto a ação ao 1-MCP e STS (Tabela 1).

Tabela 1. Variedades comerciais de pimenteiras utilizadas na avaliação da ação do 1-MCP e STS.

Variedades comerciais de Pimenteiras Ornamentais	Espécie
1. ‘Espagueteinho’	<i>Capsicum frutescens</i>
2. ‘Karneval’	<i>Capsicum annuum</i>
3. ‘Peppa’	<i>Capsicum annuum</i>

2.2. Obtenção e manipulação das plantas

As mudas da variedade ‘Espagueteinho’ foram produzidas em ambiente protegido, em bandejas de poliestireno preenchidas com substrato comercial Bioplant[®]. Quando atingiram dois a três pares de folhas foram transplantadas para vasos com capacidade para 900 mL de substrato (11/9,5/13,5 cm de altura/diâmetro basal/ diâmetro superior). Para o enchimento dos vasos foi utilizado substrato comercial Bioplant[®] e terra de jardim na proporção de 3:1. No plantio, o substrato foi fertilizado com 2,5 g do formulado NPK 0-10-10. No decorrer do experimento foram efetuadas adubações a cada 20 dias com ± 10 g do formulado NPK 10-0-10.

A frequência de rega, da sementeira até o transplante, foi realizada uma vez por dia com quantidade de água suficiente para iniciar o escoamento na parte inferior da bandeja. Da fase de transplante até o último dia do experimento, os substratos foram regados com 150 mL de água/vaso diariamente.

Por requererem temperaturas relativamente elevadas para o desenvolvimento e por tratar-se de uma cultura de clima tropical sensível às baixas temperaturas encontradas ao longo do experimento, no estágio de florescimento as

plantas foram transportadas para o Setor Horta Nova da UFV devido às peculiaridades climáticas locais (mim 18 °C e máx. 32 °C) propícias ao melhor desenvolvimento de suas características. As plantas permaneceram neste local, a pleno sol, até serem transportadas para o Laboratório de Pós-colheita para condução dos experimentos. O tutoramento das plantas, o manejo de eventuais plantas daninhas bem como o controle de pragas foi realizado quando necessário.

2.3. Aplicação dos Tratamentos

As plantas foram transferidas para o Laboratório de Pós-colheita no ponto ideal de comercialização onde foram tratadas com 1-MCP (SmartFresh™ (C₄H₆, Agrofresh Inc., Springhouse, EUA, 0,14% i.a.) e Tiosulfato de prata (STS). Para liberação do 1-MCP, o produto comercial SmartFresh™, formulado em pó, foi previamente dissolvido em água aquecida a ± 50°C para liberação do gás na concentração de 1 µL L⁻¹ em câmara hermética (90 L) contendo um conjunto de cinco plantas (Segatto, 2007). A solução de STS na concentração de 2 mM foi preparada de acordo com as recomendações de Nowak e Rudnicki (1990). Para pulverização foliar do STS, foram utilizados borrifadores comuns. Adotou-se o volume de 100 mL, suficiente para o umedecimento de 5 plantas/tratamento, sem escorrimento.

Os tratamentos foram constituídos de: 1) controle externo; 2) controle câmara; 3) fumigação com 1 µL L⁻¹ de 1-MCP por 6 h; 4) fumigação com 1 µL L⁻¹ de 1-MCP por 6 h seguido por exposição a 10 µL L⁻¹ de etileno por 48 h; 5) pulverização com 2 mM de STS por 2h; 6) pulverização com 2 mM de STS por 2h seguido por exposição a 10 µL L⁻¹ de etileno por 48 h e 7) exposição a 10 µL L⁻¹ de etileno por 48 h. Para 1, as plantas permaneceram no interior de uma sala durante toda a condução do experimento.

Para avaliação da qualidade e vida pós-produção, após a aplicação dos tratamentos, as plantas foram transferidas para uma sala de simulação de interior (SSI) (lojas, floriculturas, supermercados e casa do consumidor final) há 20–25 °C e 7–10 µmol s⁻¹ m⁻² de luz fluorescente pelo regime de 12 horas, irrigadas com 150 ml de água/vaso quando necessário.

2.4. Avaliações

2.4.1. Atributos de qualidade ornamental

4.4.1.1. Clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio ($\mu\text{g cm}^{-2}$)

Foram determinados os conteúdos de clorofila, flavonóides e balanço de nitrogênio pelo método não destrutivo, com o auxílio do *Dualex*[®] (dual excitation, FORCE-A, Orsay, France). Foram analisadas 3 folhas maduras completamente expandidas escolhidas aleatoriamente da base, centro e ápice de cada planta, demarcadas previamente à simulação de transporte. As avaliações foram realizadas antes, imediatamente após a aplicação de etileno e a cada dois dias ao longo da vida de prateleira, sendo encerradas quando as plantas não mais apresentavam valor comercial (50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas).

4.4.1.2. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos

A percentagem de abscisão acumulada foi determinada pela contagem total das folhas e frutos antes da aplicação do etileno e contagem das folhas e frutos caídos imediatamente após a aplicação de etileno e a cada dois dias ao longo da vida de prateleira, sendo encerradas quando as plantas não mais apresentavam valor comercial (50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas), segundo método descrito por Segatto *et al.* (2013). Foram contadas apenas as folhas completamente expandidas e todos os frutos com o tamanho máximo de crescimento e formato típico de cada espécie, com a cor específica demandada pelo mercado e sem murcha.

4.4.1.3. Vida de prateleira

A vida de prateleira foi determinada pelos dias compreendidos entre a retirada das plantas das câmaras até o dia em que as mesmas se apresentaram comercialmente inadequadas, com 50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas.

2.4. Análise dos dados

Foi adotado o Delineamento em Blocos Casualizados, em arranjo fatorial (3×5) mais dois controles. Foram utilizadas três variedades, 1-MCP (isolado e

seguido de etileno), STS (isolado e seguido de etileno) e etileno isolado, totalizando 21 tratamentos, com cinco repetições. Cada repetição consistiu-se de uma única planta. Os dados de percentagem de abscisão de folhas e frutos, clorofila, flavonóides, balanço de nitrogênio e vida de prateleira, foram submetidos à análise estatística descritiva por meio da média, desvio e erro padrão (n=5) de cada genótipo para cada variável analisada (Banzatto e Kronka, 1995).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos 1-MCP e 1-MCP seguido de etileno foram eficazes em reduzir a abscisão de folhas e frutos da Pimenteira ‘Espaguetinho’. Houve 0% de abscisão de folhas nas plantas tratadas com 1-MCP e 0,3% nas plantas tratadas com 1-MCP seguidas de etileno, ao passo que nas plantas tratadas somente com etileno o percentual de abscisão foliar foi representativo, 89,6%, no 1º dia de prateleira (Figuras 1).

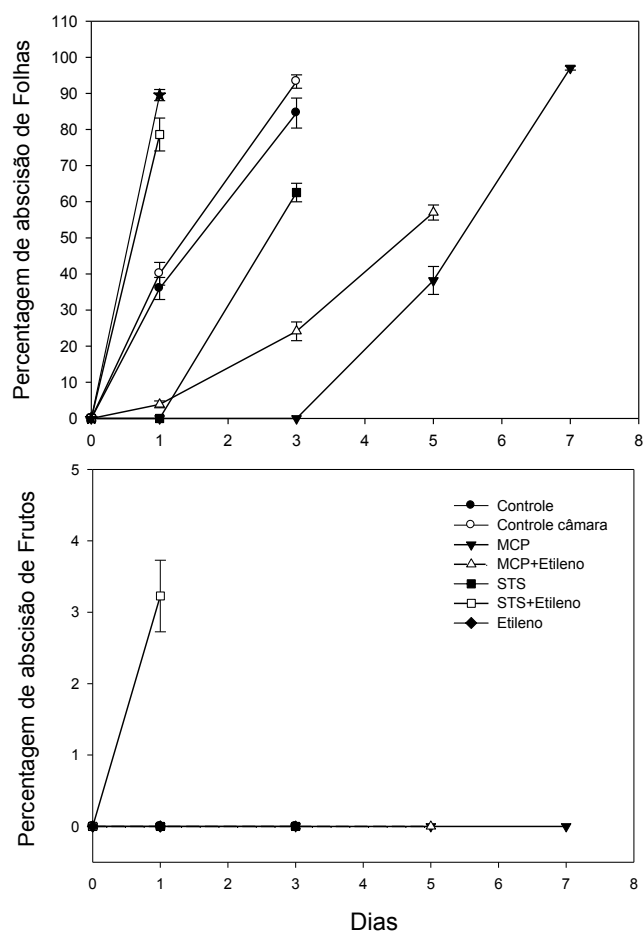


Figura 1. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Espaguetinho’ (*Capsicum frutescens*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

O tratamento isolado com STS, para ‘Espagueteinho’, teve abscisão foliar semelhante aos controles externo e câmara, cuja longevidade comercial se estendeu somente até o 3º dia de prateleira (Figuras 1). Para o tratamento STS seguido de etileno, as plantas apresentaram efeito análogo às plantas tratadas apenas com etileno, com um percentual de abscisão foliar de 78,6% e abscisão de frutos de 3,2%. Os princípios, para tal variedade, sugerem a ineficácia do STS em reduzir a ação do etileno já que uma alta percentagem de abscisão ocorreu a partir do 1º dia de avaliação (Figura 1).

Com exceção do tratamento STS+etileno, as plantas não apresentaram abscisão de frutos, porém, aqueles em estágio de maturação verde e verde maduro que permaneceram na planta tiveram sua coloração intensificada após a exposição ao gás. Para o fruto de pimenta, a resposta ao 1-MCP depende de vários fatores tais como o grau de maturidade, condição de armazenamento e concentração de 1-MCP (Ilić *et al.*, 2011).

Apenas alguns poucos estudos têm relatado análises a respeito da influência do 1-MCP na redução da ação do etileno sobre qualidade e conservação pós-colheita de pimentas ornamentais (Ilić *et al.*, 2011). Logo, para ‘Espagueteinho’ o composto anti etileno mais eficiente em prolongar a conservação das plantas foi o 1-MCP.

Nas plantas da variedade ‘Peppa’ os tratamentos 1-MCP, 1-MCP mesmo seguido de etileno e STS foram eficazes em reduzir a abscisão de folhas e frutos. Foram obtidos cerca de 55%, 53% e 51% de abscisão foliar, somente a partir dos 27º, 23º e 21º dias de prateleira e 0% de abscisão de frutos, para os respectivos tratamentos (Figura 2). Contudo, no descarte, certas plantas exibiam murchamento em algumas folhas, comportamento esse devido aos processos ordinários de senescência ocasionados pelo etileno externo.

O tratamento com STS quando seguido por exposição ao etileno (STS+etileno), não apresentou efeito algum no bloqueio da ação do etileno, tendo efeito semelhante ao etileno isolado. Os percentuais de abscisão foliar somaram 54% e 64% para STS+etileno e etileno, respectivamente. Também para os mesmos tratamentos, houve incremento na abscisão de frutos frente aos demais tratamentos, cerca de 12% (etileno) e 15% (STS+etileno) (Figura 2). Os tratamentos sofreram

descarte logo no 1º dia de prateleira, seguido pelos controles, que no 5º dia de prateleira apresentavam percentagem de abscisão foliar superior a 70%.

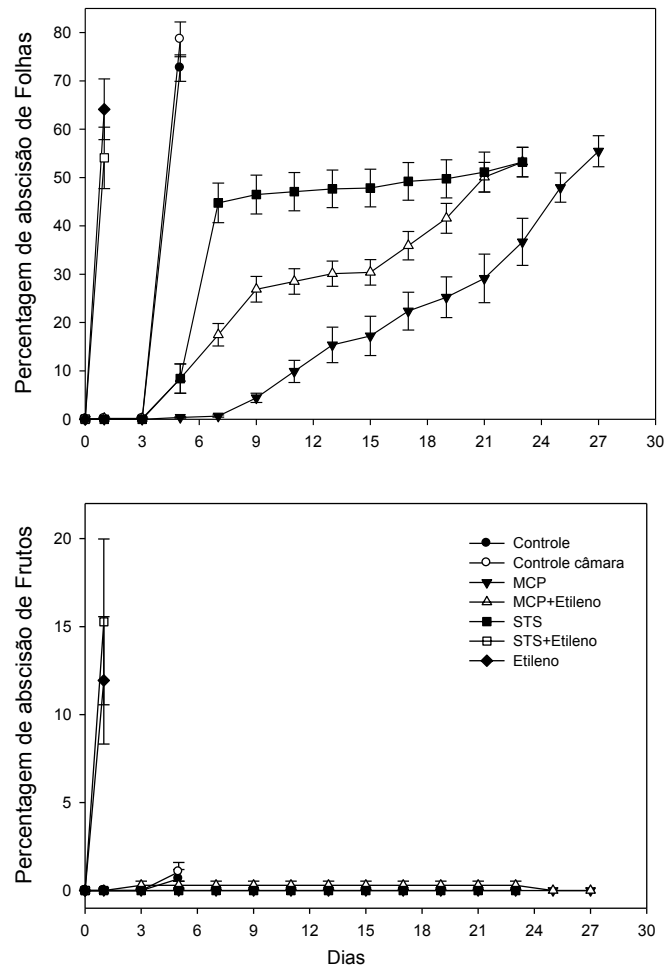


Figura 2. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Peppa’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

Tem sido reportado, que o 1-MCP impede a queda de folhas em plantas de vaso da espécie *C. annuum* (Serek e Sisler, 2001), mas parece não ter nenhum efeito sobre o atraso na maturação em frutos de pimenta (Kehr, 2002). Em pimenteiros ornamentais poucas são as evidências da utilização do STS na redução da ação do etileno em folhas e frutos. No entanto, tem sido reportado que os benefícios do STS são tão grandes que o mesmo chega a ser obrigatório no pré-

tratamento em alguns leilões comerciais (Gorsel, 1994). Asghari et al. (2014), ao avaliarem a eficácia do STS pulsado e etileno sobre as características fisiológicas de rosas frescas, mostram que um pré-tratamento com STS seguido de etileno exógeno ($1-10 \mu\text{L L}^{-1}$) foi eficiente em estender a vida de vaso de rosas, salvando a sua aparência natural e retardando a senescência.

Para a variedade ‘Karneval’ os tratamentos foram 1-MCP e 1-MCP+etileno e STS isolado atingiram os 33°, 29° e 27° dias de prateleira com cerca de 60, 51 e 55% de abscisão foliar, respectivamente (Figura 3). A fumigação com 1-MCP isolado reduziu em 100% a abscisão frutos da cv. ‘Karneval’. O mesmo não pode ser verificado para todos os demais tratamentos (Figura 3).

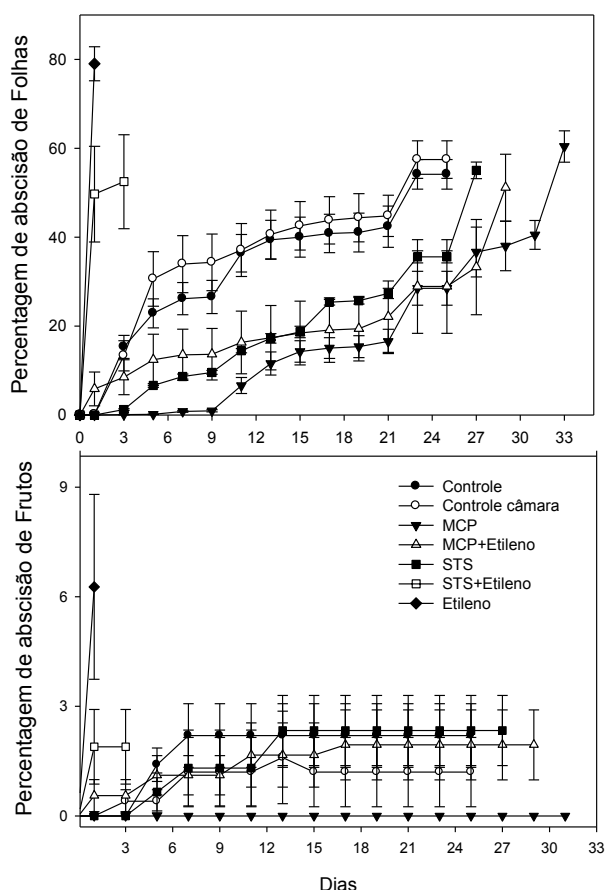


Figura 3. Percentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos da Pimenta ‘Karneval’ (*Capsicum annuum*) em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

O pré-tratamento com 1-MCP mesmo seguido por exposição ao etileno, foi efetivo em inibir a subsequente ação do hormônio. Isto demonstra que a aplicação de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno por 48 h não foi suficiente para que houvesse a remoção do 1-MCP dos sítios de ligação nem a retomada da síntese de novos sítios ao longo dos 29 dias de prateleira. O 1-MCP se liga aos receptores de etileno com uma meia vida de difusão entre 7 e 12 dias, que na maioria dos casos supera a vida de prateleira das pimenteiras ornamentais. Comparado com o etileno, que tem um tempo de difusão de 2 a 10 minutos pode-se concluir que a ligação do 1-MCP ao receptor do etileno pode ser considerada como irreversível; porém, assim que o complexo receptor do 1-MCP é metabolizado, o processo é revertido e novos receptores são sintetizados (Serek *et al.*, 1994; Sisler e Serek, 1999). Para Segatto (2007), o 1-MCP utilizado tanto sozinho como precedendo etileno reduziu a abscisão de folhas e frutos do acesso BGH 1039 e das folhas da cv. Calypso, além de manter a coloração verde das folhas, promovendo melhores resultados que os controles.

O STS isolado teve efeito positivo sobre a longevidade e assim como para as outras variedades, não chegou a exibir fitotoxidez. Barbosa *et al.* (2005), observaram que nas plantas de minicrisântemo em vaso das variedades Rage, Summer Time e Davis não houve indícios de fitotoxidade causada pelas concentrações utilizadas (0,5, 1, 1,5 e 2mM) no entanto, a maior resposta à aplicação de STS, foi observada para a menor concentração, 0,5 mM, a qual foi suficiente para atingir vida de prateleira semelhante à das plantas tratadas com as concentrações mais elevadas. De acordo com Serek e Trolle (2000), para flores de corte, tem-se dado preferência à utilização do complexo iônico Tiosulfato de prata (STS), devido à sua boa mobilidade na planta e por apresentar menores problemas quanto à fitotoxidez. O STS, uma forma mais móvel do íon prata tem seu mecanismo de ação baseado na ligação dos íons prata às proteínas que se ligam ao etileno (EBPs), os presumíveis receptores para o etileno (Sisler e Serek, 1991). A prata pode deslocar o cobre na proteína receptora e conseqüentemente, a percepção de etileno é bloqueada uma vez que o cobre tem um papel crítico na ligação de etileno (Khan 2006).

De maneira geral, os genótipos, ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’ revelaram uma redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio (Figuras 4 e 5). Os tratamentos pouco influenciaram no conteúdo de flavonóides nas cultivares

estudadas. (Figuras 4). Os dados revelam um impacto negativo na intensidade de coloração verde das folhas, no entanto, pode-se destacar que as menores reduções quanto aos conteúdos de clorofila e balanço de N foram observadas para as plantas tratadas com 1-MCP. Já para as plantas tratadas com etileno isolado, as perdas se fizeram superiores.

A coloração verde das folhas nas plantas tratadas com 1-MCP e 1-MCP+etileno se manteve superior aos tratamentos com STS e controles. Resultados semelhantes foram encontrados por Segatto (2007), cuja exposição ao etileno isolado provocou diminuição no conteúdo de clorofila para os genótipos de pimenteiros BGH 1039 e Calypso, todavia, quando as plantas foram tratadas com 1-MCP ou 1-MCP mesmo seguido de etileno, não houve alteração no conteúdo de clorofila e as plantas mantiveram a intensidade de coloração verde ao longo dos dias de avaliação. Já Barbosa *et al.* (2006), não observaram reduções significativas no teor de clorofila ao avaliarem os efeitos do STS em combinação ou não com sacarose, para lírio da variedade ‘Ace’.

Os tratamentos pouco afetaram os conteúdos de flavonóides nas cultivares ‘Peppa’ e ‘Karneval’ ao longo dos dias de avaliação. Para ‘Espaguetinho’, os tratamentos com exceção do 1-MCP e 1-MCP+etileno, parecem ter elevado os teores de flavonóides (Figura 4), indicativo de que a baixa irradiância possa ter causado estresse nas plantas elevando os níveis de compostos secundários. Decréscimos no teor de flavonóides, determinado com o Dualex, foram verificados para trigo (Cartelat *et al.*, 2005; Tremblay *et al.*, 2010), milho (Huan *et al.*, 2010) e brócolis (Fortier *et al.*, 2010), apesar da ocorrência de redução nos índices de clorofila e balanço de nitrogênio.

Segundo Atroch (1999), o teor de fenólicos aumenta com níveis crescentes de irradiação. Os flavonóides têm sido propostos para combater os altos danos oxidativos induzidos pela alta intensidade luminosa, reduzindo a geração e/ou os efeitos das ROS. Os flavonóides são compostos que participam do grupo dos metabólitos secundários assim como os terpenos e compostos nitrogenados, todos derivados do metabolismo da glicose via ácido chiquímico e acetato. Os mesmos têm ação biológica que garante vantagens adaptativas a depender da espécie vegetal (Taiz e Zeiger, 2013; Cardoso *et al.*, 2001). Hoffmann *et al.* (2015) afirmam que as plantas

de pimenta fazem uso de pigmentos que servem para adaptação fotoquímica (clorofila a, clorofila b, Carotenóides), bem como pigmentos que servem como compostos de blindagem, como flavonóides epidérmicos. Os flavonóides são considerados eficazes barreiras UV (Agati *et al.*, 2013).

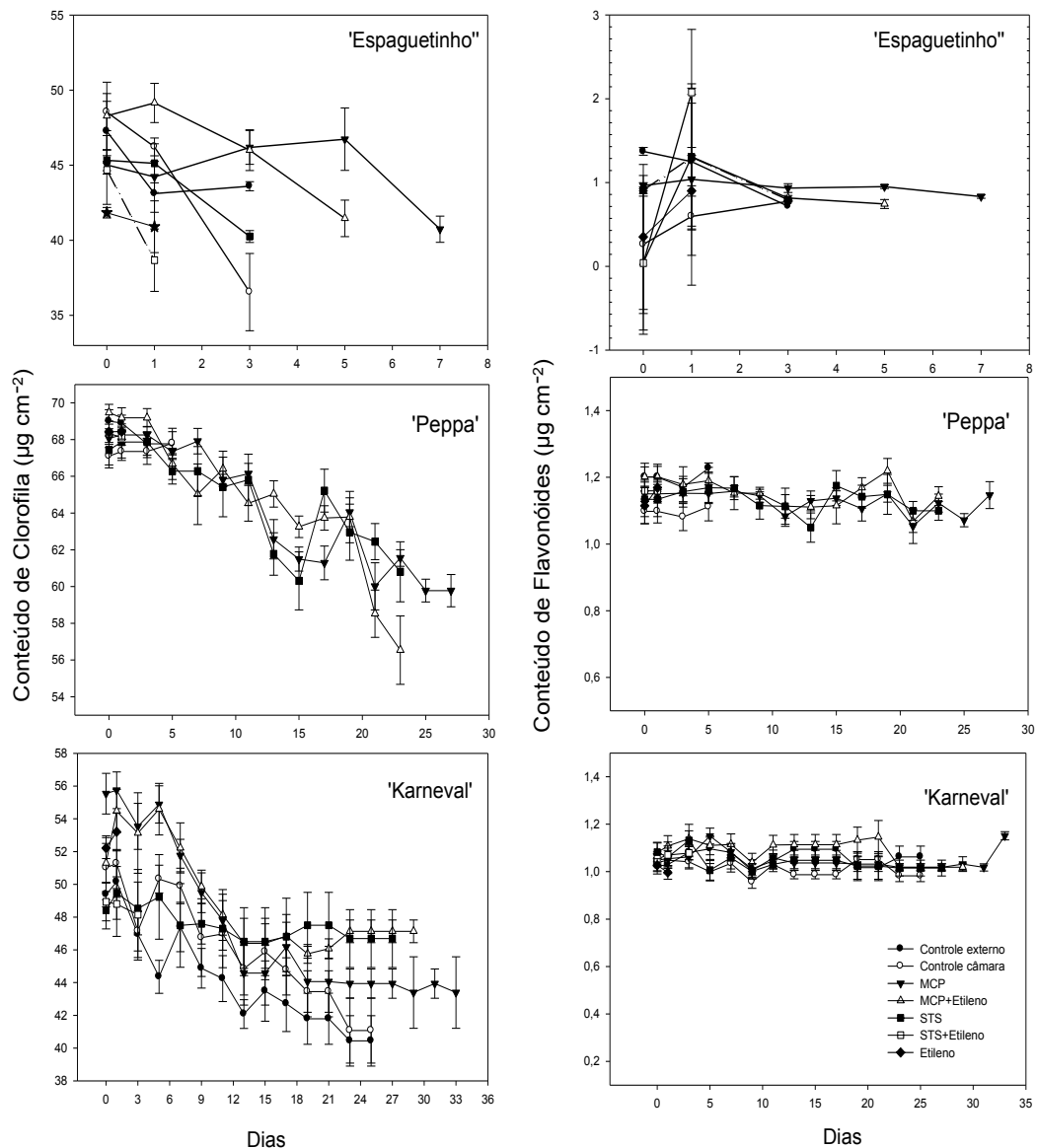


Figura 4: Conteúdo de clorofila e flavonóides ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de três variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=5).

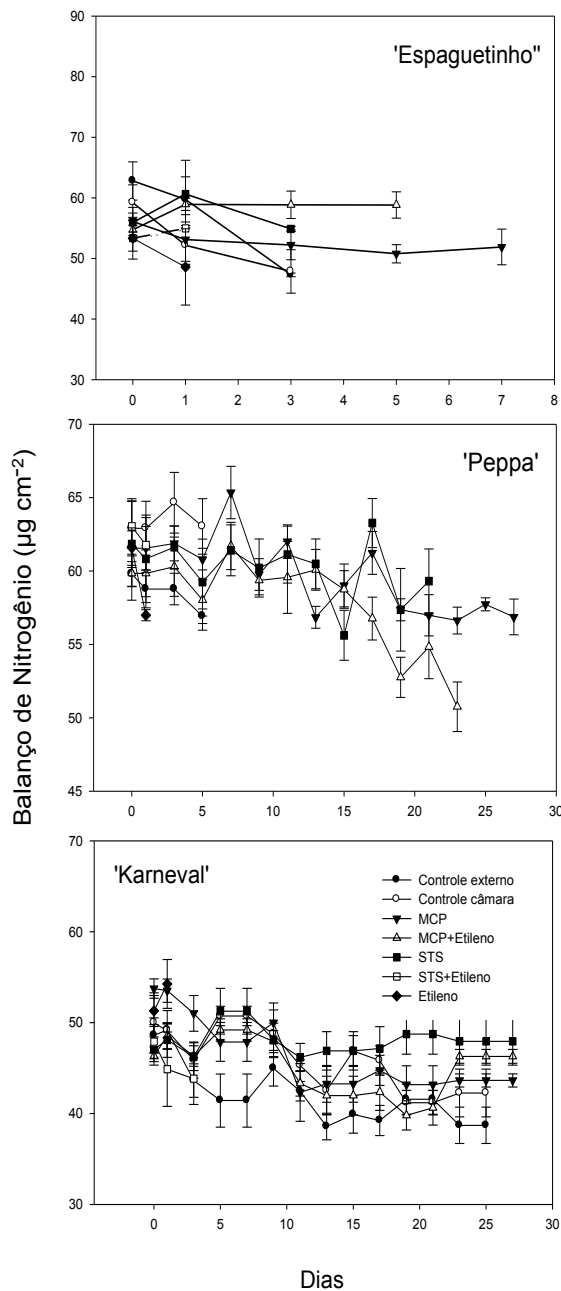


Figura 5: Balanço de Nitrogênio ($\mu\text{g cm}^{-2}$) das folhas de três variedades comerciais de pimenta ornamental em vaso. Os dias 0 (zero) e 1 correspondem aos dias antes e após a aplicação dos tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=5$).

Houve diminuição no conteúdo de N nas folhas de pimenta (Figura 5). Alguns autores têm utilizado o Dualex® para estimar a concentração de N nas folhas de algumas espécies, como relatam Coelho *et al.* (2012) que ao trabalharem com a

cultura da batata, uma solanacea assim como a pimenta e o pimentão, observaram uma correlação linear positiva e significativa entre os índices de clorofila (ICHL) e balanço de N (NBI), e uma correlação linear negativa entre o índice de flavonóides (IFLV) e o teor de N determinado na quarta folha a partir do ápice da batateira. Os resultados do Dualex® no Brasil ainda são incipientes, mas apontam para a viabilidade técnica em se determinar a intensidade de coloração verde das folhas em pimenteiras ornamentais.

Para a vida de prateleira, o tratamento com $1 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP, foi considerado o mais efetivo em prolongar a longevidade em vaso das pimenteiras ‘Espagueteinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, seguido por 1-MCP+etileno, STS, controles e somente etileno (Tabela 2). Isso evidencia que a baixa irradiância ($7\text{--}10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ luz fluorescente) a $\pm 25^\circ \text{C}$ induziu a produção de etileno, no entanto, a aplicação do 1-MCP inibiu a subsequente ação do gás estendendo a vida das plantas em vaso. Os genótipos tiveram suas vidas de prateleira estendidas até o 7º, 27º e 33º dias com o uso do 1-MCP, enquanto que as plantas tratadas com $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno perderam sua qualidade ornamental logo no primeiro dia de prateleira, em virtude da alta sensibilidade ao gás (Tabela 2 e Figura 6).

Resultados semelhantes foram encontrados para orquídeas do gênero *Cymbidium*, onde a aplicação de 1-MCP estendeu significativamente a longevidade das flores cortadas, independente da presença ou não de etileno na atmosfera após o tratamento com 1-MCP (Heyes e Johnston, 1998). Em rosa osiana, o efeito do 1-MCP não foi afetado quando seguido pela aplicação de etileno, prevenindo efeitos deletérios com abscisão e abertura das flores (Cordeiro, 2011). Cavette (2012) ao avaliar a ação dos fatores luz e temperatura sobre a longevidade foliar das plantas de pimenta ornamental BGH 1039 e Roxa (*Capsicum annuum* L.), verificou que os mecanismos de proteção e a eficácia do 1-MCP inibiram drasticamente a queda foliar em ambas as variedades quando expostas a alta temperatura. Já a resposta do 1-MCP em inibir os efeitos do etileno, para o mesmo trabalho, dependeu da variedade e das condições de luminosidade as quais as plantas foram submetidas. Em condições de interior, como lojas, supermercados e a casa do consumidor, as plantas são expostas, geralmente, a 12 h de iluminação em intensidades que variam de $7\text{--}10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (Nell e Hoyer, 1995), as quais afetam a qualidade e durabilidade das mesmas, devido

ao aumento na produção e/ou sensibilidade de etileno pelas plantas nessa condição e/ou pela condição de baixa radiação fotossinteticamente ativa.

Tabela 2. Vida de prateleira de pimenteiros ornamentais em vaso submetidas a ação dos inibidores da ação etileno, 1-MCP e STS. A vida de prateleira compreendeu os dias entre a retirada das plantas das câmaras até o dia em que as mesmas atingiram 50% de abscisão de folhas e/ou frutos ou 50% de amarelecimento de folhas.

Tratamentos	Vida de prateleira (Dias)		
	‘Espaguetinho’	‘Peppa’	‘Karneval’
Controle externo	3,0	5,0	25,0
Controle câmara	3,0	5,0	25,0
MCP	7,0	27,0	33,0
MCP+etileno	5,0	23,0	29,0
STS	3,0	21,0	27,0
STS+etileno	1,0	1,0	3,0
Etileno	1,0	1,0	1,0

Para ‘Peppa’ e ‘Karneval’ (*C. annuum* L.) houve maior efeito do tratamento isolado com STS na longevidade dos genótipos tendo as plantas atingido os 21° e 27° dias de prateleira (Tabela 2 e Figura 6). No entanto, para ‘Espaguetinho’ (*C. frutescens* L.), a aplicação somente do STS reduziu a qualidade visual e a vida de prateleira foi de apenas três dias, análogo aos controles (Tabela 2 e Figura 6).

Com o propósito de estender a vida de prateleira de flores envasadas ou não, produtores e comerciantes fazem uso de compostos à base de íons prata, como o nitrato de prata e o Tiosulfato de prata, aspergidos diretamente sobre a parte aérea da planta ou sob a forma de soluções preservativas (Cook e Staden, 1987; Ohkawa *et al.*, 1999; Hatami *et al.*, 2013). Barbosa *et al.* (2005), ao avaliarem a vida de prateleira de minicrisântemos em vaso, observaram que a aplicação de STS aspergido diretamente sobre a parte aérea das plantas, aumentou o número de dias para o descarte dos vasos na variedade ‘Rage’ em relação ao controle, enquanto que nas variedades ‘Summer Time’ e ‘Davis’, não houve efeito positivo do STS sobre a

longevidade. Estudos têm demonstrado que a pulverização com íons de prata prolonga a vida de vaso e diminuem em 100% a abscisão de flores e botões de flores em plantas de orquídea e alstroemeria (Wag *et al.* 2005; Uthaichay *et al.* 2007).



Figura 6. Aspecto geral e vida de prateleira das plantas de Pimenta ornamental 1- 'Espaguetinho'; 2- 'Peppa' e 3- 'Karneval' antes e no último dia de prateleira (descarte).

Em nenhuma das variedades, o tratamento com STS seguido de etileno mostrou eficiência em inibir a ação do mesmo e estender a longevidade das plantas mostrando efeito semelhante à aplicação somente de etileno com durabilidade de cerca de 1 dia de prateleira (Tabela 2). Isso sugere que em plantas de pimenteiros

ornamentais, a eficácia do uso do STS em retardar a maioria dos efeitos deletérios provocados pelo etileno, pode ser dependente da concentração, do tempo de exposição e estágio de desenvolvimento das plantas. Neste trabalho, o tempo decorrido entre a aspersão foliar do STS e a aplicação do etileno, talvez não tenha sido suficiente para que a prata exibisse a mobilidade necessária na planta a ponto de substituir o cobre bloqueando a formação da ligação de alta afinidade entre o etileno e o receptor. É sabido que o íon Ag^{+2} pode substituir o cofator metálico, Cu^{+2} , na formação da ligação de alta afinidade, indicando que a prata bloqueia a ação do etileno não por interferir na ligação com o etileno, mas por impedir as alterações que normalmente ocorrem na proteína, quando o etileno liga-se ao receptor (Taiz e Zaiger, 2013; Sisler, 1991; Khan 2006). Ademais, para as variedades comerciais de pimenteiros ornamentais envasadas, ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, não há evidências do uso de compostos à base de íons prata, aspergidos diretamente sobre a parte aérea da planta. Sugere-se que poderiam ser testadas concentrações inferiores ou superiores a utilizada (2 mM) de STS, observando-se posteriormente os efeitos na longevidade das plantas, em diferentes estágios de desenvolvimento, ao longo da vida de prateleira.

4. CONCLUSÕES

1. Para as variedades ‘Espaguetinho’, ‘Peppa’ e ‘Karneval’, o pré-tratamento com 1-MCP, mesmo seguido de etileno, foi altamente eficaz em inibir a ação do etileno e reduzir a abscisão de folhas e frutos;

2. A aplicação de STS isolado teve efeito positivo sobre a longevidade, não havendo indícios de fitotoxidez;

3. O tratamento com STS quando seguido por exposição ao etileno, não apresentou efeito algum em inibir a ação do etileno, tendo efeito semelhante aos controles ou etileno isolado;

4. De maneira geral, As variedades revelaram uma redução nos teores de clorofila e balanço de nitrogênio. Já os conteúdos de flavonóides, não foram afetados ao longo da vida em vaso;

5. O 1-MCP foi altamente eficaz na manutenção da qualidade e da durabilidade comercial de plantas de pimenta ornamental cultivadas em vaso, altamente sensíveis ao etileno.

5. REFERÊNCIAS

- ASGHARI, R., SALARI, A., GHAREHDAGHI, S. Effect of Pulsing Solution and Packaging Type under Exogenous Ethylene on Physiological Characteristics and Post Harvesting Quality of Cut Roses (*Rosa hybrida*). **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.**, 14 (4): 329-335, 2014.
- ATROCH, E.A.C. 1999. Aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. submetidas a diferentes níveis de irradiação. **Dissertação de Mestrado** em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Lavras, Lavras. MG. 62 p.
- BANZATTO, D. A. ; KRONCA, S. N. Experimentação Agrícola. 4ed. Jaboticabal: **Funep**, 237p., 2006.
- BEAUDRY, R. M. KAYS, S. J. Effect of ethylene source on abscission of pepper plant organs. **HortScience** 23:724-744, 1998.
- BLANKENSHIP. S. M., DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 1-25, 2003.
- CAMERON, A.C., REID, M.S. The use of silver thiosulfate anionic complex as a foliar spray to prevent flower abscission of *Zygocactus*. **HortScience** 16, p. 761–762, 1981.
- CARTELAT, A.; CEROVIC, Z. G.; GOULAS, Y.; MEYER, S.; LELARGE, C.; PRIOUL, J. L.; BARBOTTIN, A.; JEUFFROY, M. H.; GATE, P.; AGATI, G.; MOYA, I. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, v. 91, p. 35-49, 2005.
- CAVATTE, R. P. Q.; LIMA, J. S.; SILVA, T. P.; CAVETTE, P. C.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G. Influence of Temperature and 1-Methylcyclopropene on Post-Production Display Life of Ornamental Pepper (*Capsicum annuum* L.). **Acta Horticulturae**, v. 1002, p. 359-364, 2013.
- 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.
- COOK, D.; STADEN, J. Van. Silver action in the cut carnation flower. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v.25, n.4, p.485-492, 1987.
- DENEKE C.F., EVENSEN K.B., CRAIG R. Regulation of petal abscission in *Pelargonium domesticum*. **HortScience** 25: 937-940, 1990.

- DENEKE, C. Fred; EVENSEN, Kathleen B.; CRAIG, Richard. Regulation of petal abscission in *Pelargonium domesticum*. **HortScience**, v. 25, n. 8, p. 937-940, 1990.
- FORTIER, E.; DESJARDINS, Y.; TREMBLAY, N.; BÉLEC, C.; CÔTÉ, M. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on broccoli polyphenolics concentration. **Acta Horticulturae**, v.856, p.55-62, 2010.
- GORSEL, R. Van. Postharvest technology of imported and trans-shipped tropical floricultural commodities. **HortScience**, Alexandria, v.29, n.9, p.979-981, 1994.
- HAN, S.S., BOYLE, T.H. Ethylene affects postproduction quality of Easter cactus. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** 121, 1174–1178, 1996.
- HATAMI, Mehrnaz; GHORBANPOUR, Mansour. Effect of Nanosilver on Physiological Performance of *Pelargonium* Plants Exposed to Dark Storage. **Journal of Horticultural Research**, v. 21, n. 1, p. 15-20, 2013.
- HEYES, J. A.; JOHNSTON, J. W. 1-metilciclopropene extends *Cybidium* orchid vased and prevents damaged pollinia from accelerating senescence. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v., p. 319-324, 1998.
- HOFFMANN, Anna M.; NOGA, Georg; HUNSCHE, Mauricio. High blue light improves acclimation and photosynthetic recovery of pepper plants exposed to UV stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 109, p. 254-263, 2015.
- 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, n. 4, p. 621-628, 1996.
- HUAN, Y.U.; HUA-SONG, W.U.; WANG, Z.-J. Evaluation of SPAD and Dualex for in-season corn nitrogen status estimation. **Acta Agronomica Sinica**, v.36, p.840-847, 2010.
- ILIĆ, ZORAN S. RADMILA T., YAACOV P., SHARON A. TUVIA. ELAZAR F. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest storage quality in green bell pepper fruit. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 7, p. 2758-2767, 2012.
- KEBENEI, Z.; SISLER E. C.; WINKELMANN, T.; SEREK, M. Efficacy of new inhibitors of ethylene perception in improvement of display life of kalanchoë (*Kalanchoë blossfeldiana* Poelln.) flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 78, p.433-436, 2003.
- KEHR, E. Susceptibility to postharvest chilling damage in sweet peppers, and treatments to minimize its effect. **Agricultura Técnica (Chillán Chile)**, 62, 509–518. 2002.

- KHAN, A. N. Ethylene action in plants. **Netherlands**; Springer, 205p., 2006.
- NELL, T.A. Taking silver out of the longevity picture. *Grower Talks* 6, 35–38, 1992.
- OHKAWA, K.; KASAHARA, Y.; SUH, J. Mobility and effects on vase life of silver containing compounds in cut rose flowers. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.1, p.112-113, 1999.
- OIRAM FILHO, F. BRAGA, T. R. TERRA, F. SILVA, E. O. SILVEIRA, M. R. S. OLIVEIRA M. M. T. Caracterização físico--química de melancias sem sementes submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP). XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, **Anais**. Florianópolis-SC, 2014.
- REID, M.S. The role of ethylene in flower senescence. **Acta Horticulturae**. 1985.
- SANTANA, J. G. B. A. R., FINGER, M. F. L., DE SOUZA, F. P. R. V., & BARBOSA, Á. M. S.. Longevidade de inflorescências de lírio, de diferentes estádios de colheita, pré-tratadas com sacarose e Tiosulfato de prata (STS). **Ciência Rural**,36(1), 2006.
- SEGATTO, F. B. Avaliação da qualidade “Pós-produção” de pimenta ornamental (*Capsicum annum* L.) cultivadas em vaso. Viçosa, 2007. 100f. **Tese** (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- 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 annum* L.). **Acta Horticulturae**, v. 1000, p.217-222, 2013.
- SEREK M., TROLLE L. Factors affecting quality and post-production life of *Exacum affine*. **Sci. Hortic**. 86: 49-55. 2000.
- SEREK, M.; REID, M. S. Anti-ethylene treatments for potted Christmas Cactus – efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. **HortScience**, v. 28, n. 2, p. 1180-1181, 1993.
- SEREK, M.; SISLER, E. C. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 161-166, 2001.
- SEREK, M.; SISLER, E. C.; REID, M. S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, v. 394, p. 337-345, 1995.
- 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.; Wolterring, E. J.; Sisler, E. C.; Frello S.; Sriskandarajah, S. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. **Biotechnololy Advances**. 24: 368-381, 2006.
- SISLER, E. C. e SEREK, M. New developments in ethylene control-compounds interacting with the ethylene receptor. **Acta Horticulturae**, 543, 33–40, 2001.
- SISLER, E. C., and M. SEREK. "Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments." **Physiologia Plantarum**, p. 577-582., 1997.
- SISLER, E. C., & SEREK, M. Compounds controlling the ethylene receptor. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, 40. 1999.
- TAIZ, L. ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal- 5ª Edição. ARTMED-EDITORIA, Porto Alegre, 891p., 2013.
- TAN, H.; LIU, X.; MA, N.; XUE, J.; LUB, W>; BAI, J.; GAO, J. Ethylene influenced flower opening and expression. Of genes encoding etrs, ctrs, ein3s in two cut rose cultivars. **Postharvest Biology and Technology** 40:97-105, 2006.
- TJOSVOLD, S. A., WU, M. J., & REID, M. S. Reduction of postproduction quality loss in potted miniature roses. **HortScience**, 29(4), 293-294, 1994.
- UTHAICHAY N., KETSO S., VAN DOORN W.G. 2007. 1-MCP pretreatment prevents bud and flower abscission in Dendrobium orchids. **Postharvest Biol. Technol.** 43: 374-380.
- WAGSTAFF C., CHANASUT U., HARREN F.J.M., LAARHOVEN L.J, THOMAS B., ROGERS H.J., STEAD A.D. Ethylene and flower longevity in Alstroemeria relationship between petal senescence, abscission and ethylene biosynthesis. **J. Exp. Bot.** 56: 1007-1016. 2005.
- XUE, J.; LI, Y.; TAN, H.; YANG, F.; MA, N.; GAO, J. Expression of ethylene biosynthetic and receptor genes in rose floral tissues during ethylene enhanced flower opening. **Journal of Experimental Botany**. 59 (8): 2161-2169, 2008.