

GISELDA MARIA PEREIRA

**VARIABILIDADE NO PADRÃO DE AMADURECIMENTO DOS FRUTOS
DE ACESSOS DE *CAPSICUM***

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós -Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de “Magister Scientiae.”

VIÇOSA
MINAS GERAIS- BRASIL
2004

Aos meus pais, João Maria (*in memoriam*) e Maria Nanci.
À minha irmã Angelica.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

À minha família pelo carinho e incentivo em todos os momentos.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, pela valiosa oportunidade de crescimento profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pela orientação, estímulo e amizade.

Aos professores Vicente Wagner Dias Casali e Sérgio Hermínio Brommonschenkel, pelo aconselhamento.

Ao prof. Cláudio Horst Bruckner e a Dra. Cleide Maria Ferreira Pinto, pelas valiosas sugestões.

As amigas Isane e Maguida, minha família em Viçosa, pelo carinho e pela amizade durante estes anos de convívio.

Aos amigos de longe e de perto, por tudo.

Aos colegas de curso e de laboratório, pelo auxílio nos momentos de dificuldade e pela agradável convivência. Em especial ao Sérgio, Mirela e Stella, pelo auxílio e pela amizade.

Aos funcionários Geraldo, Ribeiro e Quinquim pela ajuda durante a realização dos trabalhos.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

GISELDA MARIA PEREIRA, filha de João Maria Pereira e Maria Nanci Guerra Pereira, nasceu em Frederico Westphalen, RS, em 09 de julho de 1977.

Em janeiro de 2002, graduou-se em Ciências Biológicas - Licenciatura Plena, pela Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria -RS.

Em setembro de 2002, ingressou no curso de Mestrado em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1-INTRODUÇÃO	1
2- REVISÃO DE LITERATURA	
2.1 Aspectos gerais das espécies de <i>Capsicum</i>	3
2.2 Importância econômica das espécies de <i>Capsicum</i>	4
2.3 Síntese e atuação do etileno nos tecidos vegetais	5
2.4 Ação do etileno no amadurecimento de frutos	6
2.4.1 Influência do etileno no aumento da taxa respiratória e em sua biossíntese	7
2.4.2 Ação do etileno sobre o acúmulo de sólidos solúveis totais	9
2.4.3 Ação do etileno na coloração de frutos em amadurecimento.	9
3- MATERIAL E MÉTODOS	
3.1 Germoplasma	11
3.2 Plantio e Cultivo	11
3.3 Experimento 1	11
3.3.1 Análise da respiração e quantificação de etileno	13
3.4 Experimento 2	15
3.4.1 Alterações na coloração dos frutos	15
3.4.2 Sólidos solúveis totais (SST)	17
3.4.3 Análise do número de dias para o amadurecimento	17

3.4.4 Análise de dados	18
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES	
4.1- Experimento 1	19
4.1.1 Efeito do tratamento com ethephon sobre a taxa respiratória	19
4.1.2 Ação do etileno exógeno sobre a produção e a concentração interna de Etileno	26
4.2 Experimento 2	36
4.2.1 Teores de sólidos solúveis totais	36
4.2.2- Efeito do tratamento com ethephon sobre degradação e síntese de Pigmentos	39
4.2.3 Análise do número de dias até o amadurecimento	43
5- CONCLUSÕES	45
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

RESUMO

PEREIRA, Giselda Maria, MS, Universidade Federal de Viçosa, março de 2004. **Variabilidade no Padrão de Amadurecimento dos Frutos de Acessos de *Capsicum***. Orientador: Fernando Luiz Finger. Conselheiros: Sérgio Hermínio Brommonschenkel e Vicente Wagner Dias Casali

O gênero *Capsicum* da família Solanaceae é de grande importância econômica, especialmente em regiões tropicais e temperadas, onde os frutos são utilizados na culinária e pela indústria alimentícia. Entretanto, em relação ao padrão de amadurecimento dos frutos, há pouca informação na literatura. Vários estudos mostraram diferentes resultados quanto à ação do etileno no processo de amadurecimento, o que demonstra claramente a variabilidade genética entre os genótipos estudados. Conseqüentemente, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento do amadurecimento em frutos de *C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. frutescens*, relacionado à aplicação de etileno exógeno. Os frutos foram colhidos no estágio verde-maduro, tratados com 1000 mg L⁻¹ de ethephon e deixados para amadurecer a 22 ± 2°C e 80 ± 5% de umidade relativa, até amadurecimento completo. A produção e a concentração interna de etileno e CO₂ foram medidas por cromatografia gasosa em frutos verde-maduros, 25%, 50%, 75% e 100% maduros. Foi avaliado também o efeito do tratamento com etileno na degradação da clorofila, síntese de carotenóides e sólidos solúveis totais. Tratamento com etileno aumentou a produção de CO₂ durante todo o amadurecimento em todos os acessos, comparados ao controle, mas foi encontrada variabilidade intra-específica entre os acessos.

A produção mais alta de CO₂ ocorreu em estágios posteriores de amadurecimento. Tratamento com ethephon foi efetivo no aumento da concentração interna de CO₂ nos acessos de *C. frutescens* e *C. baccatum*, tendeu ao declínio. O tratamento com ethephon aumentou a produção de etileno em todos os acessos; entretanto, houve variabilidade intra e interespecífica. Também, o ethephon provocou aumento na concentração interna de etileno nos frutos. Não foi detectada variabilidade genética na degradação de clorofila e na síntese de carotenóides entre os acessos, quando tratados com ethephon. O amadurecimento do fruto foi caracterizado por decréscimo no conteúdo de clorofila e aumento na síntese de carotenóides. Tratamento com ethephon aumentou o conteúdo de sólidos solúveis totais nos acessos BGH 4366 (*C. baccatum*) e BGH 4708 (*C. frutescens*). O uso de ethephon foi capaz de acelerar o amadurecimento nos acessos BGH 4179, BGH 6029 e Ca 6. Os frutos estudados nesse experimento possuíam padrão de amadurecimento não-climatérico.

ABSTRACT

PEREIRA, Giselda Maria, MS, Universidade Federal de Viçosa, March 2004.
Variability on the Fruit Ripening Pattern of *Capsicum* Accesses.
Adviser: Fernando Luiz Finger. Committee Members: Sérgio Hermínio Brommonschenkel e Vicente Wagner Dias Casali

The genus *Capsicum* from the family Solanaceae has great economical importance, in particular in tropical and temperate regions where the fruits are used in the culinary and by the food industry. However, there is little information in the literature regarding the pattern of ripening of the fruits. Several studies had shown different results concerning the ethylene action in the ripening process, which clearly demonstrates the genetic variability among the studied genotypes. Thus, the present work had the goal of evaluating the behavior of fruit ripening in *C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum* and *C. frutescens*, related to the application of exogenous ethylene. The fruits were harvested at mature-green stage, treated with 1000 mg L⁻¹ ethephon and allowed to ripe at 22 ± 2°C and 80 ± 5% relative humidity until complete ripening. The production and fruit cavity of ethylene and CO₂ concentrations were measured by gas chromatography in mature-green, 25%, 50%, 75% and 100% ripen fruits. It was also evaluated the effect of ethylene treatment on chlorophyll degradation, synthesis of carotenoids and total soluble solids. Ethylene treatment increased the production of CO₂ throughout ripening in all accesses compared to control, but intra-specific variability was found among the accesses. The highest CO₂ production occurred at later stages of ripening. Treatment with ethephon was effective in increasing the internal concentration of CO₂ in the accesses of *C. frutescens*

and *C. baccatum*, but went towards a decrease. Ethephon treatment increased the production of ethylene in all accesses; however, intra and inter-specific variability was observed. Also, ethephon increased the internal concentration of ethylene in the fruit. No variability among the accesses was detected for chlorophyll degradation and synthesis of carotenoids when treated with ethephon. Ripening of the fruit was characterized by decrease in chlorophyll content and synthesis of carotenoids. Treatment with ethephon increased the content of soluble solids in the accesses BGH 4366 (*C. baccatum*) and BGH 4708 (*C. frutescens*). The use of ethephon was able to hasten the ripening in the accesses BGH 4179, BGH 6029 and Ca 6. The fruits studied in this experiment had non-climacteric pattern of ripening.

1- INTRODUÇÃO

No mercado brasileiro, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) destaca-se como uma das dez hortaliças mais importantes (SOUZA & CASALI, 1984). A produção de pimentas e pimentões no Brasil tem crescido consideravelmente nos últimos anos, enquanto a comercialização de sementes envolve recursos de cerca 1,5 milhões de dólares (EMBRAPA, 2000). Dados da FAO revelam que, no ano 2003, a produção mundial de pimentas verdes foi superior a 22 milhões de toneladas.

A popularidade das espécies pertencentes ao gênero *Capsicum* é devida às suas características organolépticas. A pungência, característica de algumas espécies, bem como a forma e a coloração dos frutos de *Capsicum* possibilita sua utilização em diversos pratos (EMBRAPA, 2000).

Mesmo tendo grande importância econômica, alguns aspectos relacionados às características de qualidade dos frutos, tais como o padrão de amadurecimento, ainda têm sido bastante discutidos sem um consenso. O conhecimento de aspectos genéticos e fisiológicos do desenvolvimento e amadurecimento dos frutos é de grande importância.

Diversos trabalhos têm sido realizados no sentido de esclarecer o processo de amadurecimento dos frutos e o envolvimento do etileno, como regulador de crescimento. SALTVEIT (1977) e PRETEL et al. (1995) inferiram que pimentas apresentam padrão não climatérico de amadurecimento. Contudo, outros estudos têm evidenciado que, em alguns frutos de pimenta, podem ocorrer aumentos na produção de etileno e na taxa respiratória, durante o amadurecimento, características estas de frutos

climatéricos (VILLAVINCENCIO et al., 1999; TADESSE et al. 2002; MAO & MOTSENBOCKER, 2002). Em função dos diferentes resultados encontrados na literatura, acredita-se que estudos complementares são importantes para a compreensão dos mecanismos relacionados ao amadurecimento em pimentas.

De acordo com os relatos disponíveis na literatura, cultivares pertencentes à mesma espécie comportam-se, diferencialmente, durante o amadurecimento. É possível que essa variabilidade de resultados seja devida à variabilidade genética intrínseca aos cultivares e acessos avaliados pelos diferentes autores.

Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as diferenças de comportamento no amadurecimento dos frutos de acessos de quatro espécies pertencentes ao gênero *Capsicum*: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. frutescens*, em relação à aplicação de etileno exógeno.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais das espécies de *Capsicum*

O gênero *Capsicum*, pertencente à família Solanaceae, é composto por mais de 20 espécies silvestres e cinco cultivadas: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. pubescens*, sendo esta última a única que não é cultivada no Brasil (CASALI & COUTO, 1984).

Este gênero tem como origem a América tropical e sua distribuição é cosmopolita (Mc LEOD et al,1983). As espécies a ele pertencentes são cultivadas, principalmente, em regiões tropicais e temperadas (PICKERGILL, 1997; CASALI & COUTO, 1984). De acordo com PICKERGILL (1997), as pimentas quentes ou picantes apresentam-se dispersas na América, África e regiões tropicais da Ásia. As pimentas não picantes (doces), por sua vez, são preferidas em regiões temperadas, como Europa e América do Norte.

Segundo CASALI e COUTO (1984), a espécie mais cultivada e, possivelmente, a que apresenta maior variabilidade é *Capsicum annuum*, que compreende os pimentões, alguns cultivares de pimenta e pequeno número de cultivares ornamentais. Esta espécie tem como centro de diversidade o México e América Central sendo cultivada desde o sul do Estados Unidos e México até a América do Sul.

As espécies *C. chinense* e *C. frutescens* são originárias da América Latina (PICKERGILL, 1997; CASALI & COUTO, 1984), sendo também cultivadas em países da África e Ásia (PICKERGILL, 1997). A espécie *C.*

chinense apresenta grande diversidade na região da Bacia Amazônica e compreende as pimentas conhecidas como Pimenta-de-Cheiro, Bode e Murici. *C. frutescens*, apresenta a menor variabilidade entre as espécies de pimentas cultivadas no Brasil, sendo conhecida como Malagueta (CASALI & COUTO, 1984).

C. baccatum tem como centro de diversidade a Bolívia e o Peru, mas populações silvestres são encontradas ao norte da Argentina e Sul do Brasil, compreendendo duas variedades: *pendulum* e *baccatum* (CASALI & COUTO, 1984). Os cultivares pertencentes a esta espécie incluem tipos comuns de pimentas picantes encontradas nos países andinos (PICKERGILL, 1997).

2.2 Importância econômica das espécies de *Capsicum*

A produção de pimentas tem crescido e constitui uma atividade olerícola bastante rentável. Cerca de 12.000 ha de pimenta e pimentão são cultivados no Brasil, anualmente, envolvendo recursos da ordem de 1,5 milhão de dólares, somente, na comercialização de sementes (EMBRAPA, 2000).

A popularidade do gênero *Capsicum* é atribuída, principalmente, às qualidades organolépticas, como coloração e sabor (EMBRAPA, 2000). Por esta razão, os frutos de pimenta são muito utilizados, como condimentos, em diversos pratos e produtos alimentícios industriais (CASALI & COUTO, 1984).

Uma das características dos frutos de *Capsicum*, que mais chama a atenção dos consumidores, é sua coloração. Cerca de trinta diferentes pigmentos são encontrados em frutos de pimentas (MATUS et al., 1991) dentre os quais encontram-se as clorofilas a e b, zeaxantinas, violaxantinas, o β -caroteno, bem como os pigmentos vermelhos capsantina, capsorubina e cryptocapsina, somente encontrados em frutos deste gênero. Segundo

BOSLAND e VOTAVA (1999), os carotenóides capsantina e capsorubina são os responsáveis pela coloração vermelha, enquanto a cor amarela-avermelhada é devida aos pigmentos β -caroteno e violaxantina. O β -caroteno constitui cerca de 95% do total de provitamina A em frutos verdes e 93% em frutos maduros de pimenta (HOWARD et al., 1994).

A pungência é, provavelmente, a característica que mais atrai os consumidores. O sabor “ardido” é devido a um grupo de substâncias, denominadas capsaicinóides, presentes nos frutos (BOSLAND & VOTAVA, 1999; EMBRAPA, 2000). Estes alcalóides são produzidos pelas células da placenta dos frutos, sendo que suas concentrações dependem de fatores genéticos (espécie, cultivar), idade do fruto e condições de crescimento (BOSLAND & VOTAVA, 1999).

Além o uso na limentação, algumas espécies de *Capsicum*, como *C. annum* e *C. baccatum*, são utilizadas como plantas ornamentais, pois, os frutos exibem cores diversas durante o processo de amadurecimento (SOUZA & CASALI, 1984).

2.3 Síntese e atuação do etileno nos tecidos vegetais

O etileno (C_2H_4), produzido normalmente pelos tecidos vegetais, é responsável por diversos efeitos durante o desenvolvimento dos tecidos vegetais, principalmente, pela senescência (SALTVEIT, 1999).

A síntese desta substância é influenciada pelo tipo de tecido, estágio de desenvolvimento, além das condições ambientais às quais o tecido vegetal é exposto como, por exemplo, injúrias mecânica e por frio, doenças diversas e altas temperaturas (35°C) (ABELES et al., 1992; HARPSTER et al., 1996; LELIÈVE et al., 1997; SALTVEIT, 1999).

ABELES et al. (1992) relatam que altas taxas de produção de etileno são normalmente observadas em frutos jovens ou durante o período de rápida divisão celular. Estas taxas decrescem durante a expansão celular e,

aumentam durante o amadurecimento e senescência. A produção de etileno depende do tecido vegetal, bem como do seu estágio de desenvolvimento. O mesmo é válido na difusão do regulador de crescimento entre as células e tecidos das plantas.

O etileno é sintetizado a partir do precursor S-adenosil metionina (SAM). Esta molécula é convertida em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) pela enzima ACC Sintase (ACS). Por sua vez, o ACC é oxidado a etileno através de uma reação catalisada pela enzima ACC Oxidase (ACO). As reações químicas catalisadas pelas enzimas ACS e ACO são pontos de controle da rota de síntese do etileno (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A síntese e a ação do etileno podem ser inibidas por diversas substâncias. A enzima ACS pode ser inibida pela presença de AVG (aminoetoxyvinilglicina) e pelo AOA (ácido aminoxyacético). A enzima ACO pode ser inibida por íons cobalto (ABELES et al., 1992; TAIZ & ZEIGER, 2004), desacopladores da respiração e por condições de anaerobiose (ABELES et al., 1992). A ação do etileno pode ser suprimida por substâncias inibidoras não competitivas, como íons prata, e o inibidor competitivo 1-metilciclopropano (MCP) (TAIZ & ZEIGER, 2004).

2.4 Ação do etileno no amadurecimento de frutos.

O processo de amadurecimento compreende mudanças bioquímicas, fisiológicas e visuais, tais como alterações na taxa respiratória, coloração, sabor, composição de açúcares redutores, textura, produção de substâncias voláteis, abscisão de folhas, flores e frutos, dentre outras (TUCKER, 1993; ABELES et al., 1992). Estas modificações podem estar relacionadas à ação do etileno na expressão de genes responsáveis pelo amadurecimento dos frutos (ABELES et al., 1992).

Além de responder ao etileno endógeno, os tecidos vegetais podem também responder à aplicação exógena desta substância. A resposta de

frutos tratados com etileno exógeno, ou seus análogos, depende da sensibilidade do tecido, concentração utilizada, composição da atmosfera, tempo de exposição, temperatura e sensibilidade da espécie ou cultivar (SALTVEIT, 1999).

2.4.1 Influência do etileno no aumento da taxa respiratória e em sua biossíntese.

De acordo com o padrão de amadurecimento, os frutos podem ou não aumentar sua produção de etileno e a taxa respiratória. De acordo com esta característica, os frutos são classificados em dois grupos: climatéricos e não climatéricos (Biale, 1964; citado por LELIÈVE *et al.*, 1997). De acordo com Grierson (1987), citado por VENDRELL *et al.*, (2001), se durante o amadurecimento do fruto não há aumento na síntese de etileno nem na respiração, ele é classificado como não climatérico, em contrário, é dito climatérico.

Em frutos climatéricos, a síntese de etileno é autocatalítica, ou seja, o etileno atua na regulação das enzimas envolvidas em sua biossíntese (ACS e ACO) e, desse modo, a produção de etileno atinge picos rapidamente (LELIÈVE *et al.*, 1997). Pequenas concentrações de etileno, em torno de $1\mu\text{L L}^{-1}$, são suficientes para desencadear resposta fisiológica a esta substância.

Em frutos não climatéricos a síntese de etileno é auto-inibitória (LELIÈVE *et al.*, 1997), e seus níveis endógenos permanecem baixos e quase insignificantes, mesmo na presença de etileno exógeno (VENDRELL *et al.*, 2001). Segundo LELIÈVE *et al.* (1997), aumentos na taxa respiratória e na síntese de etileno têm sido observados em alguns frutos não climatéricos tratados com etileno, porém suprimindo-se o etileno, tanto a taxa respiratória quanto a síntese de etileno, voltam aos padrões basais.

VENDRELL et al.(2001) afirmaram que pequenas quantidades de etileno são produzidas, normalmente, pelos tecidos vegetais incluindo frutos climatéricos e não climatéricos. A síntese autocatalítica, observada em frutos climatéricos, é considerada exceção.

Aumentos na respiração e produção de etileno em frutos de espécies cujo padrão de amadurecimento é climatérico, como pêra (AGAR et al., 1999) e ameixa (ABDI et al., 1997), têm sido associados à aplicação exógena de etileno ou seus análogos. Evidências semelhantes foram obtidas por GONG et al. (2002), em cerejas, frutos tipicamente não climatéricos.

O padrão de amadurecimento dos frutos de *Capsicum* tem sido alvo de inúmeros estudos. PRETEL et al. (1995) analisaram a concentração de etileno, taxa respiratória e coloração de frutos de *C.annuum*, L., durante o amadurecimento. Usando o propileno, substância análoga ao etileno, os autores observaram que não houve aumento na taxa respiratória nem na síntese autocatalítica de etileno, típicas de frutos climatéricos, não havendo, portanto, envolvimento do etileno no amadurecimento dos frutos analisados. SALTVEIT (1977), estudando a influência do etileno em variedades *C. annum* L., também submetidas à ação de propileno, concluiu que o modelo para produção de etileno e respiração era não climatérico.

Contudo, VILLAVINCENCIO et al. (1999) observaram que, em alguns dos cultivares de *C. annum* L., classificados como não climatéricos, a concentração de etileno e a taxa respiratória aumentavam durante o amadurecimento, indicando padrão climatérico de amadurecimento. Posteriormente, esses autores sugeriram que outros cultivares desta espécie apresentavam padrão de amadurecimento intermediário entre climatérico e não climatérico (VILLAVINCENCIO et al., 2001). Também, TADESSE et al. (2002), estudando as mudanças físico-químicas em pimentas doces, durante o desenvolvimento e amadurecimento, evidenciaram aumento na respiração e produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos.

Em pimentas picantes, GROSS et al. (1986), observaram aumento na produção de etileno e taxa respiratória em frutos de *C. annum*. O mesmo foi observado por MAO e MOTSENBOCKER (2002), em dois cultivares de

C. frutescens submetidos à ação de ethephon, dependendo do estágio de desenvolvimento em que o ethephon era aplicado.

2.4.2 Ação do etileno sobre o acúmulo de sólidos solúveis totais.

A quantidade de sólidos solúveis é determinante da qualidade de frutos e, desse modo, o melhoramento genético em cultivares comerciais visa aumentar esta característica (CHETELAT et al., 1995).

A ação do etileno na concentração de sólidos solúveis totais de frutos tem sido bastante estudada. PORAT et al. (1999) inferiram que o tratamento com etileno não afetou, significativamente, o acúmulo de sólidos solúveis totais em frutos de laranja ‘Shamouti’. O mesmo foi observado por AWAD e JAGER (2002), ao analisarem os efeitos do etileno sobre frutos de maçã. Contudo, carambolas tratadas com etileno tiveram concentrações de sólidos solúveis diminuídas (Miller & McDonald, 1997; citados por SALTVEIT, 1999).

2.4.3 Ação do etileno na coloração de frutos em amadurecimento.

Segundo SIMON (1997), os pigmentos mais comumente encontrados nos vegetais são os carotenóides, flavonóides, betalaninas e clorofilas. Os carotenóides podem ser amarelos, laranjados ou vermelhos. Os flavonóides incluem as antocianinas vermelha e azul. As betalaninas, incluem as betacianinas e betaxantinas, responsáveis pela coloração vermelho-roxa e amarela, respectivamente. As clorofilas, são pigmentos de coloração verde, cuja função é essencial ao processo fotossintético.

Segundo ABELES et al. (1992), o etileno promove mudanças na coloração de frutos, durante o amadurecimento. Estas estão relacionadas a estímulos para síntese e degradação de pigmentos (SALTVEIT, 1999).

Diversos estudos têm comprovado que o etileno atua no metabolismo das clorofilas. Em citros, frutos considerados não climatéricos, a aplicação de etileno exógeno leva à degradação de clorofila e à síntese de pigmentos carotenóides (GOLDSCHMIDT et al., 1993). PORAT et al. (1999), estudando o efeito do inibidor de etileno 1- MCP, inferiram que frutos não tratados com esta substância, submetidos a etileno, apresentavam maior degradação de clorofila.

Além de atuar no metabolismo das clorofilas, o etileno induz a síntese de pigmentos carotenóides e antocianinas. AWAD & JAGER (2002) observaram que maçãs submetidas ao tratamento com ethephon aumentavam a acumulação de antocianinas. A ação do etileno no metabolismo de carotenóides pode ser exemplificada, comparando-se os frutos de tomate normais e mutantes. Em tomates com a mutação *rin* (*Ripening inhibitor*), cujo padrão de amadurecimento é não climatérico e, portanto, produzem baixos níveis de etileno, o acúmulo de pigmentos carotenóides é retardado, comparativamente aos frutos normais, ou seja, em frutos normais a produção de etileno aumenta durante o amadurecimento. (AGAR et al., 1994).

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Germoplasma

As espécies de *Capsicum* avaliadas foram *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. annuum*, as 3 primeiras provenientes do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal De Viçosa e a última proveniente da New Mexico State University. No quadro 1 estão descritos os acessos utilizados e as respectivas características dos frutos.

3.2 Plantio e cultivo

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor, em substrato comercial. Após 60 dias, as mudas foram transplantadas para vasos de 12L, mantendo-se uma planta por vaso, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

3.3 Experimento 1

Quadro 1- Acessos de *Capsicum* avaliadas neste trabalho

Acesso	Espécie	Cor do Fruto	Forma do Fruto	Tamanho do fruto (comp X larg) em mm
BGH 1646*	<i>C. baccatum</i>	vermelha	em forma de sino	43,85 x 51,90
BGH 1716*	<i>C. chinense</i>	alaranjada	em forma de sino	41,35 x 18,70
BGH 1723*	<i>C. chinense</i>	vermelha	alongada	75,12 x 35,24
BGH 1739*	<i>C. baccatum</i>	vermelha	alongada	159,60 x 24,10
BGH 4179*	<i>C. frutescens</i>	vermelha	alongada	32,95 x 7,75
BGH 4213*	<i>C. chinense</i>	vermelha	cônica	30,50 x 15,90
BGH 4366*	<i>C. baccatum</i>	vermelha	cônica	43,60 x 32,00
BGH 4708*	<i>C. frutescens</i>	vermelha	alongada	23,80 x 8,15
BGH 5106*	<i>C. frutescens</i>	vermelha	alongada	19,20 x 6,70
BGH 6029*	<i>C. baccatum</i>	amarela	alongada	63,85 x 12,60
BGH 6371*	<i>C. chinense</i>	vermelha	em forma de sino	32,45 x 41,80
Ca 2	<i>C. annuum</i> - New Mexicam	vermelha	alongada	197,40 x 52,00
Ca 5	<i>C. annuum</i> - Mirassol	vermelha	alongada	82,5 x 24,30
Ca 6	<i>C. annuum</i> - Mirassol	vermelha	alongada	84,3 x 26,25
Ca 9	<i>C. annuum</i> - New Mexicam	vermelha	alongada	188,35 x 49,75
Ca 13	<i>C. annuum</i> - New Mexicam	vermelha	alongada	168,55 x 50,80

*Modificada de TEIXEIRA (1996).

BGH - Banco de Germoplasma de Hortaliças - Universidade Federal de Viçosa - Viçosa - MG.

Ca- acessos provenientes do Banco de germoplasma da New Mexico State University.

3.3.1 Análise da respiração e quantificação de etileno.

Os frutos foram colhidos no estágio verde maduro e transportados até o Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Em laboratório, os frutos foram desinfetados com solução de hipoclorito de sódio 0,5%.

Após a desinfecção, os frutos foram separados em dois grupos: os que foram tratados com ethephon e os frutos-controle (não-tratados). Os frutos-controle foram armazenados em câmara à temperatura de 22°C e umidade relativa de 80% ± 5. Os demais frutos foram mergulhados em solução de ethephon 1000mg L⁻¹, por 30 minutos, sendo posteriormente, secos e armazenados nas mesmas condições que os frutos não-tratados.

As análises de CO₂ e etileno foram realizadas em quatro frutos, nos estádios: verde-maduro, 25% maduro, 50% maduro, 75% maduro e 100% maduro (Figura 1). Foram medidas as concentrações de CO₂ e etileno liberadas e as internas, presentes na cavidade locular dos frutos. Para avaliação da produção de CO₂ e etileno, os frutos foram colocados em recipientes de vidro hermeticamente fechados. Após 30 minutos, determinou-se o CO₂, e após 60 minutos, quantificou-se o etileno. Decorrido o tempo de acúmulo, foram retiradas amostras de 1,0 mL da atmosfera interna dos frascos, usando-se seringa hipodérmica. Para a avaliação das concentrações internas dos dois gases foram retiradas amostras de 1,0 mL da atmosfera do interior dos frutos.

As determinações de CO₂ e etileno foram realizadas utilizando-se cromatógrafo a gás SHIMADZU, modelo GC-14B, com coluna Porapak Q de 1,60 m de comprimento. As temperaturas da coluna e do injetor foram 50°C e 100°C, respectivamente. Para análise de CO₂, foi utilizado um detector de condutividade térmica a 140°C e corrente de 85 A. A detecção de etileno foi realizada por detector de ionização de chama a 150°C.

As produções de CO₂ e de etileno foram determinadas de acordo com as expressões abaixo

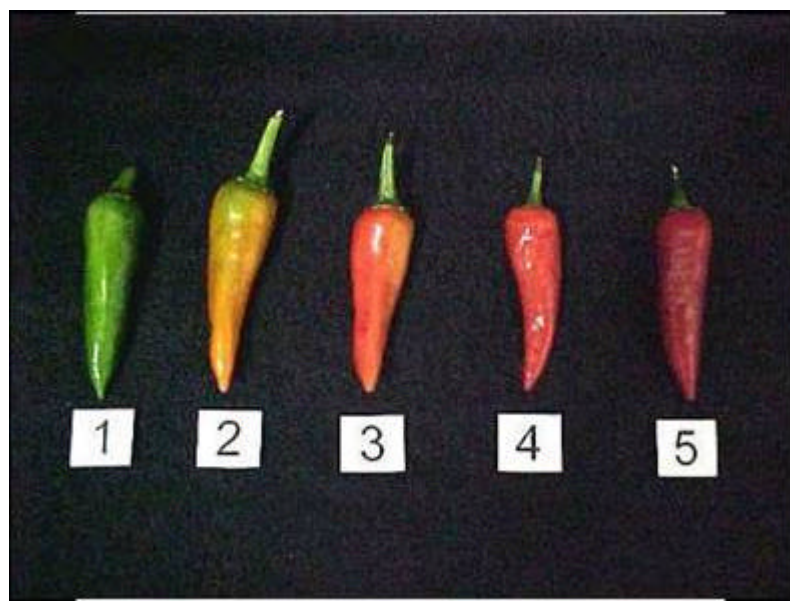


Figura 1- Frutos de *C. annuum* (Ca 6) nos cinco estádios nos quais foram medidos etileno e CO₂. 1- estágio verde-maduro, 2- 25% maduro, 3- 50% maduro, 4- 75% maduro e 5- 100% maduro.

Taxa respiratória (mL de CO₂ Kg⁻¹h⁻¹) = (CO₂ % x V x 10) / (P x T)

em que

CO₂ %= porcentagem de CO₂ liberado em determinado tempo de incubação:

V = volume livre do recipiente de incubação (L);

10 = fator de correção da unidade;

P= peso dos frutos (Kg); e

T = tempo de incubação (h).

A produção de CO₂ foi convertida em mg Kg⁻¹ h⁻¹.

Taxa de liberação de etileno (μL de etileno Kg⁻¹ MF h⁻¹) = (E x V / (P x T)

em que

E = teor de etileno (μL);

V= volume livre do recipiente de incubação (L);

P= peso dos frutos (Kg); e

T= tempo de incubação (h).

As concentrações internas de CO₂ e etileno foram obtidas pela conversão da área do pico cromatográfico, referente a cada uma destas substâncias, em mg L⁻¹ e μL L⁻¹, respectivamente.

3.4 Experimento 2

3.4.1 Alterações na coloração dos frutos

As alterações de clorofila e pigmentos carotenóides foram analisadas e comparadas em frutos verdes, amadurecidos na planta, amadurecidos fora da planta, sem e com etileno. Para análise dos frutos amadurecidos fora da planta foram adotados os procedimentos descritos no item 3.3.1.

A metodologia utilizada foi a proposta com HENDRY e PRICE (1993), com modificações, sendo 1g de tecido macerado em acetona amoniacal a 81,8%. O extrato foi filtrado e seu volume completado a 25mL, sendo posteriormente, analisado em espectrofotômetro Hitachi, modelo V. 2000, nos comprimentos de onda 663nm, 645nm e 480nm. Os pigmentos clorofila total, clorofilas a e b e carotenóides totais foram determinados de acordo com as expressões

$$\text{Clorofila total} = 8,02 \times A_{663} + 20,2 \times A_{645}$$

$$\text{Clorofila a} = 12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}$$

$$\text{Clorofila b} = 22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}$$

$$\text{Carotenóides totais} = \frac{1000 \times A_{480} - 1,82 (\text{clorofila a}) - 85,02 (\text{clorofila b})}{198}$$

198

A diferença global de cor foi medida em frutos amadurecidos na planta e amadurecidos fora da planta, tratados ou não com ethephon, como descrito no item 3.3.1. Para isso, foi utilizado colorímetro da marca Minolta que mede a luz refletida usando as coordenadas cartesianas L , a e b , das quais se obtém unidades ou pontos de uniformidade visual aproximada de um sólido de cor. O valor a corresponde à escala vermelho-verde e varia de -100 a +100, em que os valores negativos correspondem às tonalidades distintas de cor verde e os positivos às tonalidades vermelhas. O parâmetro b refere-se a escala amarelo-azul, variando igualmente de -100 a +100, em que os valores negativos correspondem às tonalidades de cor azul e os positivos às tonalidades de cor amarela. O parâmetro L varia de 0 a 100 e mede a claridade da cor.

A diferença global de cor foi medida utilizando-se a expressão abaixo, como descrito por Corrêa (1992)

$$DC = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{0,5}$$

$$\Delta L = L_t - L_o$$

$$\Delta a = a_t - a_o$$

$$\Delta b = b_t - b_o$$

em que L_t , a_t e b_t correspondem, respectivamente, aos valores L , a e b de um tratamento e L_o , a_o e b_o aos valores de L , a e b da testemunha que, neste caso, foi representada por frutos amadurecidos na planta.

3.4.2 Sólidos solúveis totais (SST)

O teor de sólidos solúveis foi analisado após retirada de amostras dos frutos verdes, maduros na planta, amadurecidos fora da planta, tratados ou não com ethephon. Os frutos verdes e amadurecidos na planta foram colhidos e armazenados a -20°C . Os demais frutos foram, ou não, tratados com ethephon e armazenados até atingirem o estágio de 100% maduros, sendo os procedimentos de tratamento e armazenamento os mesmos descritos para o item 3.3.1. Posteriormente, os frutos foram armazenados a -20°C para posterior extração dos sólidos solúveis totais. O teor de sólidos da polpa foi avaliado, após descongelamento dos frutos e maceração em almofariz, no momento da análise. Os valores correspondentes ao total de sólidos solúveis (Brix $^{\circ}$) foram corrigidos para 20°C , conforme metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.4.3 Análise do número de dias para o amadurecimento

O número de dias até o amadurecimento (estádio 100% maduro) quantificou o efeito do tratamento com ethephon sobre o amadurecimento. Foram analisados frutos tratados e controles, mantidos nas mesmas

condições descritas no item 3.3.1, desde o dia da colheita até estes atingirem o estágio 100% maduro.

3.4.4 Análise de dados

As análises de respiração e da quantificação de etileno foram efetuadas com as médias de quatro repetições, em cada estágio de amadurecimento avaliado, por acesso. As significâncias estatísticas foram obtidas pelo teste t, ao nível 5% de probabilidade, a partir das médias de frutos tratados e não tratados. O mesmo procedimento foi adotado na avaliação do número de dias, até o completo amadurecimento.

Os teores de clorofila, carotenóides e sólidos solúveis totais foram analisados, a partir das médias obtidas de três repetições, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Todas as análises foram efetuadas com auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 1997).

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os acessos BGH 1646, BGH 4213, BGH 5106, Ca 5, Ca 2 e Ca 9 foram analisados, apenas, no estágio verde-maduro, pois, o amadurecimento foi prejudicado por altas taxas de perda de água, baixa durabilidade e, para Ca 2 e Ca 9, infecção por patógenos não identificados. Os dados obtidos para produção e concentração interna de CO₂ e etileno são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Produção e concentração interna de CO₂ e etileno em frutos verde- maduros em acessos de *Capsicum*

Espécie	Acesso	CO ₂ (mgKg ⁻¹ h ⁻¹)	CO ₂ interno (mgL ⁻¹)	Etileno (μLKg ⁻¹ h ⁻¹)	Etileno interno (μLL ⁻¹)
<i>C. baccatum</i>	BGH 1646	28,32	20,97	6.90	0.39
<i>C. chinense</i>	BGH 4213	113,94	16,47	9.60	0.53
<i>C. frutescens</i>	BGH 5106	109,06	5,66	10.08	0.12
<i>C. annuum</i>	Ca 2	73,13	20,43	16.83	0.35
<i>C. annuum</i>	Ca 5	123,02	17,71	7.35	0.30
<i>C. annuum</i>	Ca 9	54,85	15,10	12.88	0.24

4.1 Experimento 1

4.1.1 Efeito do tratamento com ethephon sobre a taxa respiratória

Diferenças significativas foram observadas na produção de CO₂ nos acessos, entre frutos não tratados e tratados com ethephon, em um mesmo estágio de amadurecimento (Tabela 2).

Todos os frutos dos acessos pertencentes à espécie *C. baccatum*, tratados com ethephon, apresentaram aumentos significativos na produção de CO₂ em, pelos menos, um dos estádios analisados. No acesso BGH 1739 foi observado aumento significativo na produção de CO₂ nos estádios 50% e 100% maduro, enquanto, no acesso BGH 4366 esse aumento foi observado em frutos 25% maduros; no acesso BGH 6029, a produção de CO₂ foi superior aquela dos frutos não tratados nos estádios 25% e 100% maduro.

Dos acessos de *C. chinense*, apenas os frutos de BGH 6371, tratados com ethephon, tiveram produção de CO₂ significativamente superior em comparação aos frutos-controle, mas apenas no estágio 100% maduro.

O tratamento com fonte de etileno induziu aumento na produção de CO₂ pelos frutos de *C. frutescens*, acesso BGH 4179. Nestes, houve maior produção de CO₂ nos estádios 25% e 100% maduro, comparativamente aos frutos não tratados. No entanto, o acesso BGH 4708 não respondeu, significativamente, à aplicação de etileno exógeno.

Em relação à espécie *C. annuum*, apenas o acesso Ca 13 mostrou-se sensível à ação do ethephon, porém apenas no estágio de 50% maduro. No entanto, é possível que o aumento na produção de CO₂, em Ca 13, seja devido à variabilidade experimental, pois, foi detectado apenas no estágio 50% maduro. Em Ca 6, não foi observado aumento significativo na taxa respiratória em função do tratamento com etileno.

O tratamento com ethephon provocou aumento na taxa respiratória em 60% dos acessos. Observa-se que, apenas, em *C. baccatum* todos os acessos apresentaram aumento na produção de CO₂. Nas demais espécies, observar-se variabilidade na resposta ao tratamento com

Tabela 2- Produção de CO₂ (mg Kg⁻¹ h⁻¹) pelos frutos de acessos *Capsicum* nos estádios verde maduro (VM), 25% maduro, 50% maduro, 75% maduro e 100% maduro

Espécie	Acesso	Produção de CO ₂ (mg Kg ⁻¹ h ⁻¹)				
		VM	25%	50%	75%	100%
<i>C. chinense</i>	BGH 1716 C	111,80	107,68a	118,47a	107,65a	496,49a
	BGH 1716 T	111,80	130,76a	90,59a	88,58a	437,09a
<i>C. chinense</i>	BGH 1723 C	112,25	93,77a	72,48a	79,85a	326,11a
	BGH 1723 T	112,25	118,17a	103,38a	88,43a	402,25a
<i>C. baccatum</i>	BGH 1739 C	100,17	53,48a	41,09b	41,08a	129,43b
	BGH 1739 T	100,17	41,82a	64,85a	43,43a	399,75a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4179 C	92,62	35,61b	75,62a	42,41a	336,43b
	BGH 4179 T	92,62	67,80a	67,79a	57,68a	238,38a
<i>C. baccatum</i>	BGH 4366 C	68,07	39,52b	75,50a	37,62a	149,25a
	BGH 4366 T	68,07	54,59a	55,29a	38,96a	141,37a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4708 C	46,06	64,61a	46,64a	44,18a	138,50a
	BGH 4708 T	46,06	44,76b	40,33a	42,78a	123,66a
<i>C. baccatum</i>	BGH 6029 C	200,64	101,35b	102,50a	209,11a	335,69b
	BGH 6029 T	200,64	174,89a	115,63a	133,93a	517,94a
<i>C. chinense</i>	BGH 6371 C	68,24	39,43a	32,62a	34,85a	136,662b
	BGH 6371 T	68,24	43,93a	39,32a	35,92a	236,34a
<i>C. annuum</i>	Ca 6 C	49,80	30,91a	28,11a	32,60a	144,93a
	Ca 6 T	49,80	29,67a	48,14a	48,65a	164,62a
<i>C. annuum</i>	Ca 13 C	67,67	25,61a	18,07b	27,06a	88,63a
	Ca 13 T	67,67	33,39a	22,78a	35,26a	88,29a

C- fruto não tratado com ethephon (controle).

T- fruto tratado com ethephon na concentração de 1000mgL⁻¹

Médias seguidas pela letra, na coluna, para cada acesso, não diferem entre si pelo teste t.

ethephon, o que pode ser atribuído ao efeito de genótipo, indicando variabilidade genética para esta característica.

LU et al.(1990) observaram que o aumento na respiração causado pelo tratamento com etileno em pimentas picantes (*C. annuum*) foi imediatamente reduzido após a remoção do etileno. Segundo KAYS (1991), este tipo de resposta tem sido observada em frutos não climatéricos.

Contudo, VILLAVICENCIO et al. (1999) observaram aumentos na produção de CO₂, em frutos de cultivares de *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens* não tratados com etileno. Este efeito foi detectado por GROSS et al. (1986) e TADESSE et al. (2002), ao estudarem em frutos de *C. annuum* (pimentas picantes) e mudanças fisiológicas durante o desenvolvimento no cultivar Domino (*C. annuum*), respectivamente. No entanto, esses autores encontraram taxas superiores de CO₂ nos estádios iniciais do processo de amadurecimento, enquanto, no presente trabalho, as maiores taxas de CO₂ foram obtidas em frutos, na fase final de amadurecimento (Tabela 2).

A evolução da taxa respiratória nos frutos analisados assemelha-se àquela do modelo de Kays (1991) para frutos não climatéricos, uma vez que aumentos significativos na produção de CO₂ foram observados somente em frutos 100% maduros, provavelmente, como reflexo da senescência avançada (Figura 2). Observou-se ainda que, com exceção de Ca 13, todos os acessos, cujos frutos foram ou não tratados, demonstraram taxas respiratórias superiores quando estavam no final do amadurecimento, em relação aos demais estádios (Figura 2). Entretanto, se apenas frutos tratados com ethephon forem considerados, somente frutos dos acessos BGH 4179, BGH 6029 e BGH 6371 tiveram taxas respiratórias superiores, em frutos 100% maduros, em comparação com frutos verde-maduros (Figura 2).

A magnitude da taxa respiratória foi dependente do acesso analisado. Quantidades maiores de CO₂ foram produzidas por frutos de BGH 1716, BGH 1723 e BGH 6029. Assim, os maiores aumentos na taxa respiratória, observados, durante a evolução do amadurecimento dos

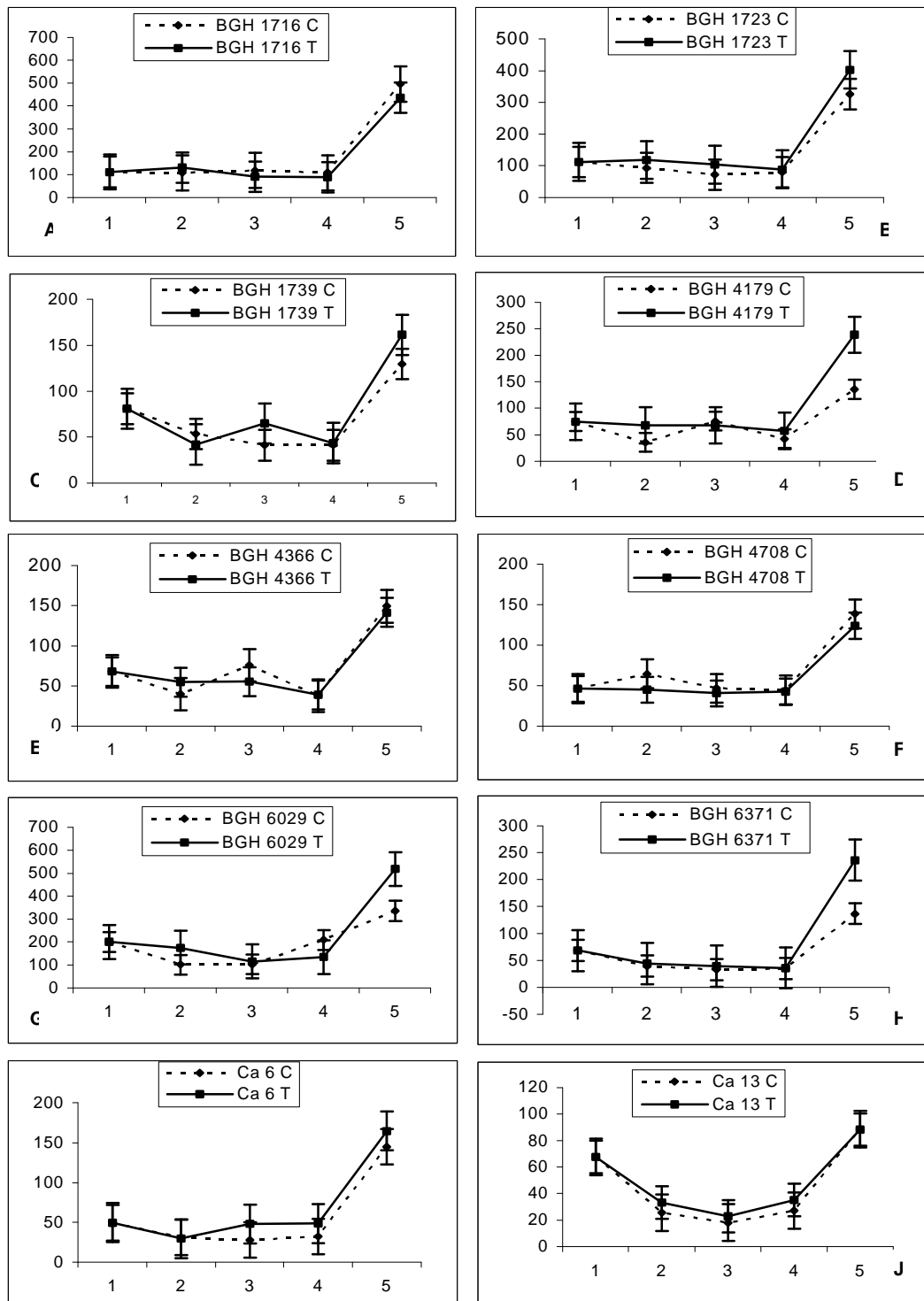


Figura 2 - Produção de CO₂ (mg Kg⁻¹h⁻¹) nos acessos de *Capsicum* (A-J) avaliados durante o amadurecimento: 1-estádio verde-maduro, 2 estágio 25% maduro, 3-estádio 50% maduro, 4- estágio 75% maduro e 5- estágio 100% maduro. C-fruto controle e T- fruto tratado com ethephon. As barras verticais representam o erro padrão da média.

frutos, foram da ordem de três vezes, comparando-se frutos verde-maduros com os 100% maduros, nos frutos de BGH 1716 tratados e não tratados. No entanto, BIALE (1964) sugere que frutos sejam classificados como climatéricos, quando exibem aumentos dramáticos na respiração climatérica, sendo a magnitude deste aumento superior a dez vezes o valor da taxa respiratória em frutos pré-climatéricos.

A concentração de CO₂ no interior dos frutos variou conforme o acesso, estágio de amadurecimento e tratamento (Tabela 3). Em frutos dos acessos de *C. chinense* e *C. annuum* não foram observadas diferenças significativas nas concentrações internas de CO₂, entre frutos tratados com ethephon e não tratados, em um mesmo estágio de amadurecimento.

Em todos os acessos de *C. baccatum*, houve aumento na concentração interna de CO₂ em frutos submetidos ao ethephon. Esse aumento foi observado nos estádios 100% maduro, em frutos do acesso BGH 1739 e 25% maduro em frutos dos acessos BGH 4366 e BGH 6029. Contudo, o aumento na concentração de CO₂ observado, apenas, no estágio final de amadurecimento, no acesso BGH 1739 pode ser devido à senescência avançada e não ao efeito do tratamento.

O tratamento com ethephon provocou aumento na concentração interna de CO₂, em frutos de *C. frutescens*. Em frutos de BGH 4179, foi observada maior concentração interna deste gás, nos estádios 25% e 75% maduro, o mesmo foi observado em frutos de BGH 4708 nos estádios 50% e 75% maduro.

Diante destes resultados, pode-se inferir que a aplicação de ethephon teve influência na concentração interna de CO₂, para os frutos dos acessos das espécies *C. baccatum* e *C. frutescens*. Todos os frutos dos acessos, pertencentes a estas duas espécies, foram sensíveis à aplicação de ethephon. O contrário foi observado em frutos das espécies *C. annuum* e *C. chinense*, que não responderam à aplicação exógena de fonte de etileno. Logo, pode-se inferir que houve efeito de espécie para esta característica.

Ao contrário dos resultados de produção de CO₂, a evolução na concentração interna deste gás mostra que esta foi superior nos estádios

Tabela 3- Concentrações internas de CO₂ (mg L⁻¹) em frutos de acessos de *Capsicum* nos estádios verde maduro (VM), 25% maduro, 50% maduro, 75% maduro e 100% maduro

Espécie	Acesso	Concentração interna de CO ₂ (mg L ⁻¹)				
		VM	25%	50%	75%	100%
<i>C. chinense</i>	BGH 1716 C	25,08	22,92 a	8,87 a	6,91 a	7,68 a
	BGH 1716 T	25,08	29,78 a	14,21 a	11,76 a	9,83 a
<i>C. chinense</i>	BGH 1723 C	26,81	26,56 a	10,39 a	9,25 a	8,82 a
	BGH 1723 T	26,81	23,24 a	13,04 a	7,00 a	5,09 b
<i>C. baccatum</i>	BGH 1739 C	27,99	18,02 a	12,81 a	14,69 a	7,77 b
	BGH 1739 T	27,99	20,30 a	18,32 a	14,79 a	12,30 a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4179 C	18,64	7,12 b	12,27 a	23,24 a	8,56 a
	BGH 4179 T	18,64	16,17 a	10,29 a	10,62 b	8,59 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 4366 C	19,17	14,68 b	12,73 a	8,25 a	8,23 a
	BGH 4366 T	19,17	20,47 a	13,58 a	9,06 a	9,39 a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4708 C	12,93	16,25 a	2,90 b	3,36 b	4,37 a
	BGH 4708 T	12,93	26,81 a	9,54 a	6,39 a	4,40 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 6029 C	11,77	15,87 b	14,36 a	7,91 a	8,13 a
	BGH 6029 T	11,77	22,93 a	17,87 a	6,64 a	8,10 a
<i>C. chinense</i>	BGH 6371 C	12,41	19,76 a	8,56 a	14,48 a	4,04 a
	BGH 6371 T	12,41	23,84 a	13,00 a	12,96 a	7,62 a
<i>C. annuum</i>	Ca 6 C	14,08	10,01 a	9,69 a	7,92 a	6,23 a
	Ca 6 T	14,08	8,88 a	9,70 a	6,40 a	7,02 a
<i>C. annuum</i>	Ca 13 C	18,96	13,20 a	13,16 a	10,24 a	10,87 a
	Ca 13 T	18,96	19,10 a	14,25 a	14,01 a	9,28 a

C- fruto não tratado com ethephon (controle).

T- fruto tratado com ethephon na concentração de 1000mgL⁻¹

Médias seguidas pela letra, na coluna, para cada acesso, não diferem entre si pelo teste t.

iniciais de amadurecimento (fruto verde-maduro ou 25% maduro) para a maioria dos acessos, contudo, nem sempre, este aumento foi significativo (Figura 3). Além disso, apenas os acessos BGH 6029 e BGH 6371, no estágio 25% maduro, demonstraram concentrações de dióxido de carbono superiores às observadas em frutos verde-maduros (Figura 3). Semelhante evolução na concentração interna de CO₂ foi obtida por TADESSE et al. (2002), em seu estudo com um cultivar de *C. annuum*. Também, VILLAVINCENCIO et al. (2001) inferiram que, em frutos de *C. annuum* “Camelot” e *C. frutescens* “Tabasco”, as concentrações internas de CO₂ aumentaram, significativamente, nos primeiros estádios de amadurecimento e no final deste processo. SALTVEIT (1977) também observou que pimentões (*C. annuum*), tratados com propileno, substância análoga ao etileno, apresentaram aumento em torno de 10% na concentração de CO₂, porém este aumento não atingiu magnitude suficiente para que esses frutos fossem considerados climatéricos.

As diferenças entre produção e a concentração interna de CO₂, nos frutos, podem estar relacionadas a modificações na difusão deste, uma vez que os gases devem superar a barreira imposta pelo pericarpo e pela epiderme do fruto.

4.1.2 Ação do etileno exógeno sobre a produção e a concentração interna de etileno

Houve diferenças significativas para a maioria dos acessos, quanto à produção de etileno em frutos tratados e não tratados, em pelo menos um dos estádios de amadurecimento (Tabela 4).

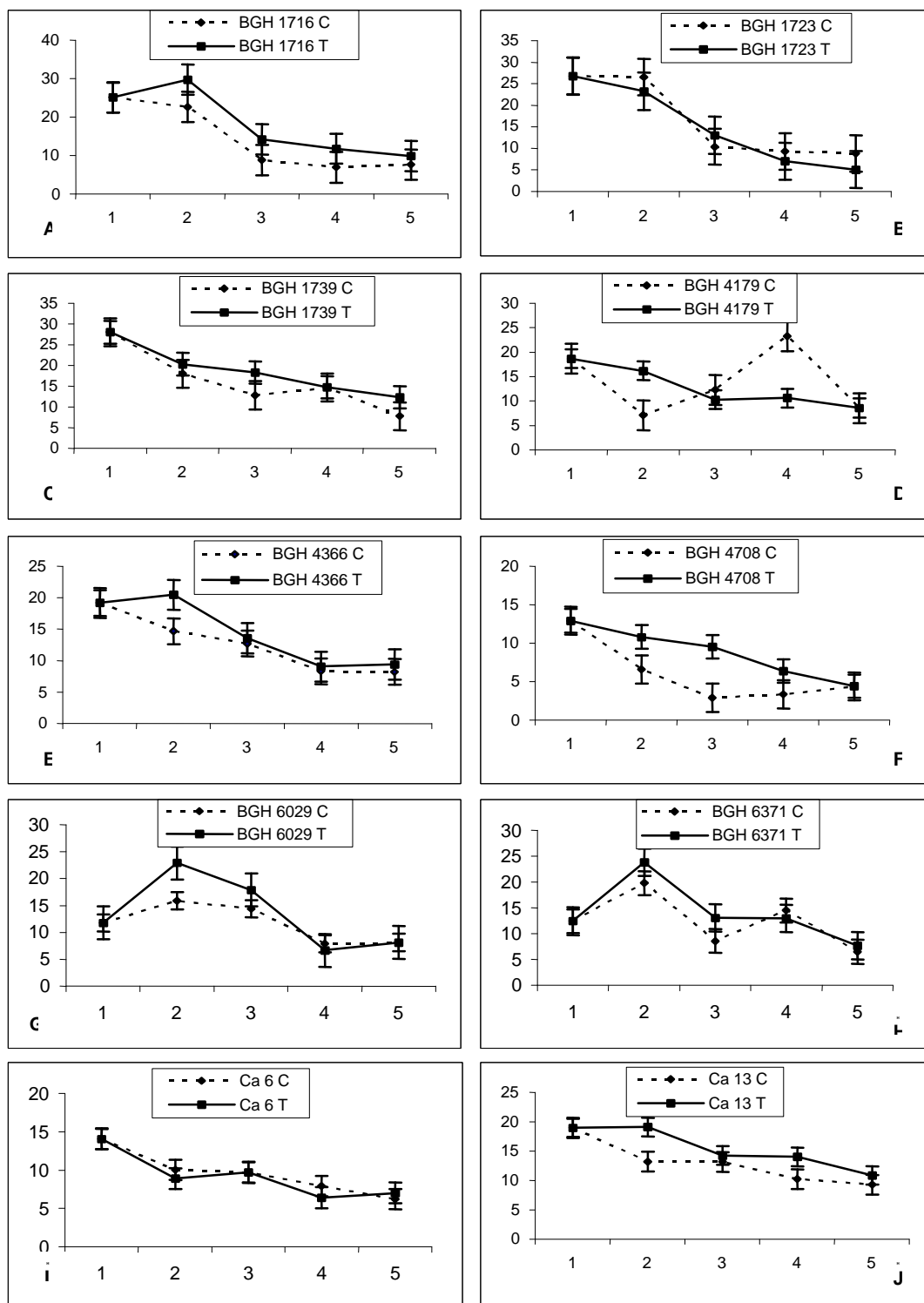


Figura 3 - Concentração interna de CO₂ (mg L⁻¹) nos acessos de *Capsicum* (A-J) durante o amadurecimento: 1-estádio verde-maduro, 2 estágio 25% maduro, 3-estádio 50% maduro, 4- estágio 75% maduro e 5- estágio 100% maduro. C-fruto controle e T-fruto tratado com ethephon. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Tabela 4- Produção de etileno ($\mu\text{L Kg}^{-1}\text{MF h}^{-1}$) pelos frutos de acessos de *Capsicum* nos estádios verde-maduro (VM), 25% maduro, 50 % maduro, 75% maduro e 100% maduro

Espécie	Acesso	Produção de Etileno ($\mu\text{L Kg}^{-1}\text{MF h}^{-1}$)				
		VM	25%	50%	75%	100%
<i>C. chinense</i>	BGH 1716 C	7,33	23,88 a	26,57 a	24,77 a	18,66 a
	BGH 1716 T	7,33	32,07 a	26,42 a	21,11 a	26,08 a
<i>C. chinense</i>	BGH 1723 C	12,14	14,94 b	14,42 a	15,77 a	16,17 b
	BGH 1723 T	12,14	23,44 a	20,23 a	23,48 a	42,42 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 1739 C	6,89	6,31b	6,18 b	7,59 a	12,47a
	BGH 1739 T	6,89	13,01 a	9,29 a	9,43 a	8,55 a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4179 C	2,54	4,92 b	3,73 b	4,36 b	3,84 b
	BGH 4179 T	2,54	7,84 a	21,69 a	11,82 a	12,25 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 4366 C	5,85	6,70 a	9,72 a	5,57 a	10,51 a
	BGH 4366 T	5,85	7,74 a	8,38 a	7,31 a	12,47 a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4708 C	2,70	2,72 b	2,32 b	4,66 a	3,77 a
	BGH 4708 T	2,70	22,91 a	7,90 a	5,00 a	9,26 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 6029 C	28,21	19,66 a	16,90 a	25,41 a	20,39 a
	BGH 6029 T	28,21	27,53 a	24,74 a	19,89 a	18,63 a
<i>C. chinense</i>	BGH 6371 C	13,28	6,51 b	6,18 a	6,13 a	8,41 b
	BGH 6371 T	13,28	10,34 a	6,95 a	7,66 a	27,44 a
<i>C. annuum</i>	Ca 6 C	5,93	3,96 a	2,68 b	5,88 a	9,33 a
	Ca 6 T	5,93	11,65 a	7,51 a	6,07 a	8,89 a
<i>C. annuum</i>	Ca 13 C	4,87	1,27 a	4,04 a	4,23 a	2,92 a
	Ca 13 T	4,87	2,49 a	4,84 a	5,73 a	3,41a

C- fruto não tratado com ethephon (controle).

T- fruto tratado com ethephon na concentração de 1000mgL^{-1}

Médias seguidas pela letra, na coluna, para cada acesso, não diferem entre si pelo teste t.

Entre os acessos de *C. baccatum*, apenas o BGH 1739 respondeu ao tratamento com ethephon, pois, os frutos tratados apresentaram produção de etileno significativamente superior, nos estádios 25% e 50% maduros, em comparação com frutos-controle e com frutos verde-maduros. Em frutos dos acessos BGH 4366 e BGH 6029 não foram observados aumentos significativos na produção de etileno em frutos tratados com ethephon.

Na espécie *C. chinense*, o tratamento com ethephon causou aumento significativo na produção de etileno nos acessos BGH 1723 e BGH 6371, nos estádios 25% e 100% maduros. Contudo, não teve efeito, quanto a esta característica, para o acesso BGH 1716.

Teores superiores de etileno foram observados em frutos tratados com ethephon, nos acessos BGH 4179 e BGH 4708. Nestes acessos, a resposta ao etileno exógeno foi detectada em todos os estádios e nos estádios 25% e 50% maduros, respectivamente para cada acesso.

Dentre os acessos da espécie *C. annuum*, apenas Ca 6 demonstrou níveis de produção de etileno superiores em frutos tratados, mas apenas no estágio 50% maduro.

Em geral, considerando-se os resultados anteriormente citados, pode-se inferir que o tratamento com ethephon foi capaz de induzir a biossíntese de etileno em acessos das quatro espécies. Contudo, observa-se que existe resposta diferencial entre acessos de uma mesma espécie, indicando variabilidade genética em resposta ao tratamento com ethephon.

Diversos autores têm evidenciado aumentos na produção de etileno durante o amadurecimento em frutos não tratados de *Capsicum sp.* GROSS et al. (1986) evidenciaram pequenos, porém significativos, aumentos na concentração interna de etileno em frutos de *C. annuum*, originando um pico cuja magnitude foi de $0.7 \mu\text{LKg}^{-1}\text{h}^{-1}$. Também, VILLAVINCENCIO et al. (1999) relataram aumentos na produção de etileno para a maioria dos cultivares avaliados, com picos que variaram de pouco mais de 0,3 a $1,2 \mu\text{LKg}^{-1}\text{h}^{-1}$, dependendo do cultivar. Dados semelhantes foram encontrados por TADESSE et al. (2002) para o cultivar Domino (*C. annuum*), anteriormente mencionada.

O tratamento com ethephon promoveu aumentos significativos na concentração interna de etileno em frutos de todos os acessos (Tabela 5).

Nos acessos BGH 4708, BGH 4366, BGH 1739 e Ca 13 foram observados teores de etileno internos superiores nos frutos tratados em todos os estádios de amadurecimento avaliados. Tal fato pode ser uma evidência de maior sensibilidade destes acessos a este regulador de crescimento. Em BGH 1716 e Ca 6, tal superioridade ficou restrita aos estádios 25% e 50% maduros. Para os acessos BGH 4179 e BGH 6029, entretanto, foram observados níveis de etileno maiores em frutos tratados com ethephon do que aqueles observados em frutos não tratados, nos estádios 25%, 50% e 75% maduros. O acesso BGH 6371 apresentou teores maiores de etileno interno, em frutos tratados nos estádios 25% e 75% maduros. Foram observados aumentos significativos na concentração interna de etileno em frutos de BGH 1723, tratados com ethephon, no estágio 25% maduro.

Os resultados diferem daqueles encontrados por SALTVEIT (1977), que não obteve diferenças significativas na concentração interna de etileno, em frutos de *C. annuum* (pimentão) tratados ou não com propileno. Outros estudos, como o realizado por PRETEL et al.(1995), têm evidenciado que o tratamento de frutos de *C. annuum* com etileno ou seus análogos não ocasiona a autocatálise do etileno.

Contudo, os dados obtidos no presente trabalho estão de acordo com o estudo de VILLAVINCENCIO et al. (2001) com frutos dos cultivares Camelot e King Arthur (*C. annuum*) e Tabasco (*C. frutescens*), mantidos na planta (não tratados) e avaliados durante o amadurecimento, que mostra, claramente, aumento nas concentrações de etileno internas dos frutos analisados. Evidências semelhantes foram também encontradas em pimentas vermelhas e verdes (*C. annuum*), durante o período de pós-colheita, à medida que os tecidos avançavam no sentido da senescência (LURIE et al. 1986), entretanto esses aumentos nas concentrações de etileno foram considerados pequenos, em comparação com aqueles apresentados por frutos tipicamente climatéricos.

Tabela 5 - Concentração interna de etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$) em frutos de acessos de *Capsicum* nos estádios verde maduro (VM), 25% maduro, 50% maduro, 75% maduro e 100% maduro

Espécie	Acesso	Concentração Interna de Etileno				
		VM	25%	50%	75%	100%
<i>C. chinense</i>	BGH 1716 C	0,31	0,41 b	0,21 b	0,20 a	0,14 b
	BGH 1716 T	0,31	1,57 a	0,55 a	0,26 a	0,26 a
<i>C. chinense</i>	BGH 1723 C	0,34	0,19 b	0,15 a	0,16 a	0,12 a
	BGH 1723 T	0,34	1,73 a	0,23 a	0,31 a	0,16 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 1739 C	0,21	0,15 b	0,09 b	0,18 b	0,13 b
	BGH 1739 T	0,21	0,41 a	0,59 a	0,35 a	0,43 a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4179 C	0,12	0,17 a	0,19 b	0,28 a	0,37 a
	BGH 4179 T	0,12	0,37 a	0,40 a	0,41 a	0,27 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 4366 C	0,25	0,17 b	0,20 b	0,13 b	0,12 b
	BGH 4366 T	0,25	0,42a	0,33 a	0,27 a	0,35 a
<i>C. frutescens</i>	BGH 4708 C	0,11	0,12 b	0,15 b	0,11b	0,19 b
	BGH 4708 T	0,11	0,51 a	0,27 a	0,25 a	0,31 a
<i>C. baccatum</i>	BGH 6029 C	0,15	0,19 b	0,15 b	0,13 b	0,14 b
	BGH 6029 T	0,15	0,72 a	0,45 a	0,93 a	0,32 a
<i>C. chinense</i>	BGH 6371 C	0,16	0,25 b	0,28 a	0,15 b	0,21 a
	BGH 6371 T	0,16	1,85 a	0,44 a	0,56 a	0,34 a
<i>C. annuum</i>	Ca 6 C	0,15	0,18 b	0,22 b	0,20 a	0,16 a
	Ca 6T	0,15	0,46 a	0,55 a	0,24 a	0,16 a
<i>C. annuum</i>	Ca 13C	0,12	0,18 b	0,16 b	0,14 b	0,22 b
	Ca 13 T	0,12	0,38 a	0,35 a	0,32 a	0,38 a

C- fruto não tratado com ethephon (controle).

T- fruto tratado com ethephon na concentração de 1000mgL^{-1} .

Médias seguidas pela letra, na coluna, para cada acesso, não diferem entre si pelo teste t.

Além disso, houve diferenças significativas na produção de etileno entre frutos verde-maduros e tratados com etileno para os acessos BGH 1723, BGH 1739, BGH 4179, BGH 4708, BGH 6371 e Ca 6 (Figura 4). Diferenças foram também detectadas na concentração interna de etileno, entre frutos tratados e não tratados, em um mesmo estágio de amadurecimento. Ao comparar à concentração interna de etileno em frutos tratados e frutos no estágio verde-maduro, observam-se diferenças significativas, para todos os acessos, em pelo menos um estágio de amadurecimento.

Tanto na produção quanto na concentração interna de etileno, a evolução foi bastante variável e dependente do acesso. A evolução da produção de etileno caracterizou-se por picos ou depressões, com diferentes magnitudes, em um ou mais estágios de amadurecimento, à exceção dos frutos não tratados de BGH 1723, BGH 4179 e BGH 4708, que apresentaram certa estabilidade para a característica avaliada (Figura 4). A evolução na concentração interna de etileno mostrou, nitidamente, que frutos não tratados tiveram pequenas variações ao longo do amadurecimento, e frutos tratados apresentaram maiores alterações que, na maioria dos acessos, representaram picos significativamente superiores (Figura 5). Portanto, pode-se dizer que as diferenças quanto à produção e concentração interna de etileno, nos frutos, podem ser atribuídas à difusão deste através dos tecidos dos frutos e a rapidez na resposta do fruto, assim como na taxa respiratória.

A comparação entre frutos verde-maduros e tratados com fonte de etileno é uma das formas de averiguar se houve produção autocatalítica deste gás, pois, esta tem início durante o amadurecimento e, em frutos climatéricos, é aumentada mediante aplicação de etileno exógeno (ABELES et al. 1992). Assim, se apenas este fator for considerado, é possível afirmar que para a maioria dos acessos avaliados, a concentração interna de etileno aumentou sem apresentar um padrão climatérico. Em tomate, fruto tipicamente climatérico, a autocatálise é responsável por aumentos, na ordem de dez vezes, na concentração interna de etileno (SALTVEIT, 1993).

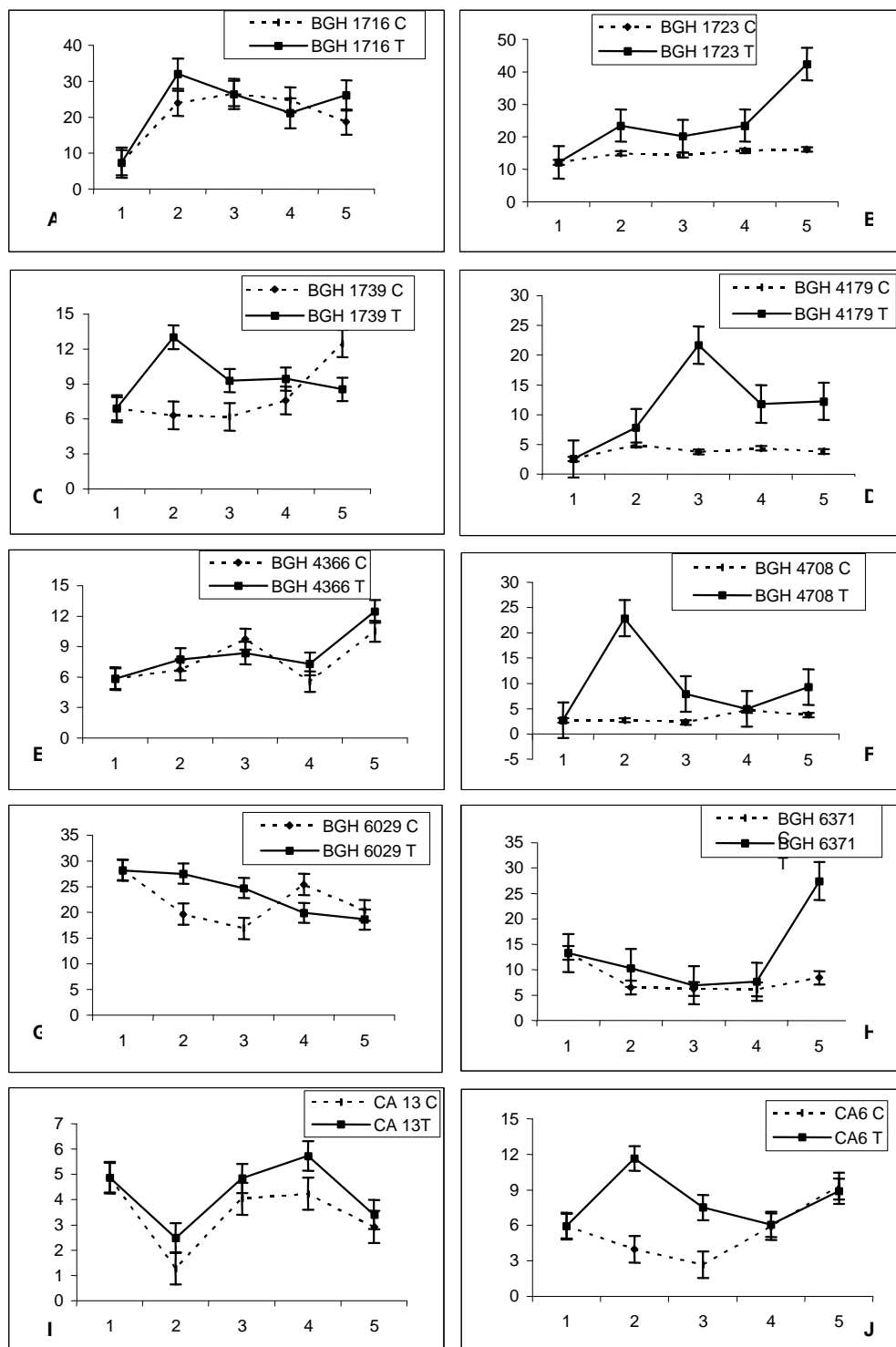


Figura 4 - Produção de etileno ($\mu\text{L Kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) acessos de *Capsicum* (A-J) avaliados durante o amadurecimento: 1-estádio verde-maduro, 2- estágio 25% maduro, 3-estádio 50% maduro, 4- estágio 75% maduro e 5- estágio 100% maduro. C-fruto controle e T-fruto tratado com ethephon. As barras verticais representam o erro padrão da média.

No presente trabalho, os maiores aumentos na concentração interna e na produção de etileno foram de, aproximadamente, 10 e sete vezes, para os acessos BGH 6371 e BGH 4179, respectivamente, ambos em frutos tratados e comparados com frutos verde-maduros. A magnitude destes aumentos aproximou-se daquela observada por SALTVEIT (1993). Além disso, GROSS et al. (1986) sugerem que mesmo pequenos aumentos podem ser considerados como síntese autocatalítica, uma vez que induzem a uma resposta.

Sabe-se que o etileno atua na expressão de genes envolvidos no amadurecimento, incluindo os genes responsáveis por sua biossíntese, isso dá início à autocatálise observada em frutos climatéricos (ABELES et al. 1992). Diante dos resultados obtidos, pode-se inferir que, em geral, o tratamento com etileno estimulou a síntese autocatalítica. Este fato pode explicar o aumento significativo na produção de etileno observado em todos os acessos avaliados.

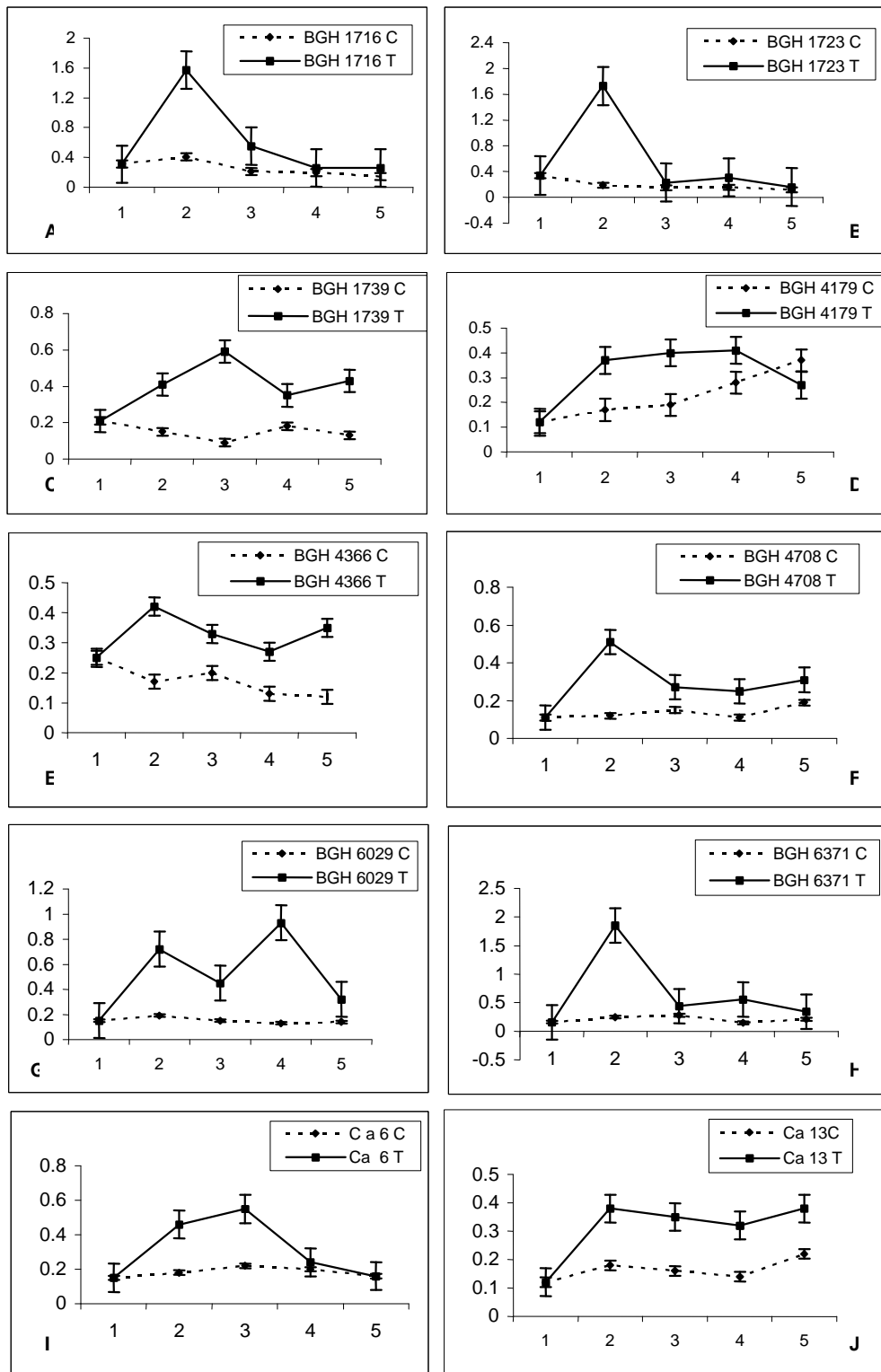


Figura 5 - Concentração interna de etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$) nos acessos *Capsicum* (A-J) avaliados durante o amadurecimento: 1-estádio verde-maduro, 2 estágio 25% maduro, 3-estádio 50% maduro, 4- estágio 75% maduro e 5- estágio 100% maduro. C-fruto controle e T- fruto tratado com ethephon. As barras representam o erro padrão da média.

4.2 Experimento 2

4.2.1 Teores de sólidos solúveis totais

Foram observados maiores teores de sólidos solúveis totais em frutos maduros na planta do que em frutos verde-maduros em todos os acessos avaliados (Tabela 6). O aumento observado na concentração de sólidos solúveis totais, durante o amadurecimento, está de acordo com o que foi proposto por NIELSEN et al. (1991) e TADESSE et al.(2002), que estudaram cultivares de (*C. annuum*). Esses autores observaram que durante o desenvolvimento, normalmente, ocorre acréscimo no teor de sólidos solúveis totais em frutos, devido, em parte, à ação de enzimas denominadas invertases, que promovem mudanças na composição de carboidratos (NIELSEN et al. 1991).

Comparações entre os frutos verde-maduros e frutos colhidos verdes e amadurecidos, que não foram tratados com ethephon, não revelaram diferenças significativas entre o teor de sólidos solúveis totais, em acessos de *C. baccatum* - BGH 1739 e BGH 4366, *C. frutescens* - BGH 4708 e *C. annuum* - Ca 6 e Ca 13. (Tabela 6). Tal fato indica que, nestes acessos, o amadurecimento fora da planta, sem tratamento com ethephon, não acarretou aumento na concentração de sólidos solúveis totais.

Quanto ao acúmulo de sólidos solúveis totais em frutos amadurecidos fora da planta, frutos colhidos verdes e tratados com ethephon e frutos colhidos verdes e não tratados, observou-se que, apenas nos acessos BGH 4366 (*C. baccatum*) e BGH 4708 (*C. frutescens*), os frutos tratados apresentaram maior acúmulo de sólidos solúveis totais (Tabela 5). Foram observadas variabilidades intra-específica e interespecífica na resposta ao tratamento com ethephon. Apenas o acesso BGH 4179 (*C. frutescens*) teve teores de sólidos solúveis totais maiores para frutos maduros tratados com ethephon do que para frutos amadurecidos na planta, o que provavelmente é devido à maior perda de água por transpiração durante o armazenamento,

concentrando, dessa forma, os solutos. Assim, pode-se dizer que o tratamento com ethephon não afetou o teor de sólidos solúveis totais, em 80% dos acessos estudados.

Tabela 6 -Sólidos solúveis totais (Brix°) de frutos verde-maduros, maduros na planta, maduros não tratados e maduros tratados com ethephon, corrigido para 20°C

Tratamento	Teor de Sólidos solúveis Totais (Brix°)									
	BGH 1716	BGH 1723	BGH 1739	BGH 4179	BGH 4366	BGH 4708	BGH 6029	BGH 6371	CA 6	CA 13
FVM	4,03 c	4,82 c	4,55 c	5,85 c	5,78 b	8,53 bc	6,38 c	3,95 c	4,99 b	4,65 b
FMP	7,41 a	8,24 a	10,27 a	10,05b	8,80 a	10,23 a	10,23 a	7,41 a	10,55 a	9,51 a
FMNT	5,53 b	6,3 b	6,27 bc	11,07ab	6,03 b	7,93 c	8,53 b	5,93 b	6,70 b	6,9 ab
FMT	6,48 ab	6,55 b	6,98 b	11,98 a	7,51 a	9,78 ab	8,18 b	5,78 b	6,71 b	6,41 ab

FVM - fruto verde-maduro

FMP fruto amadurecido na planta.

FMNT- fruto amadurecido fora da planta sem tratamento com ethephon.

FMT- amadurecido fora da planta e tratado com ethephon na concentração de 1000mgL⁻¹.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.2 Efeito de tratamento com ethephon sobre degradação e síntese de pigmentos

Os resultados das concentrações de clorofila e carotenóides totais são representados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

A análise comparativa da clorofila total entre frutos verde-maduros e maduros na planta evidenciou decréscimos significativos, em frutos maduros de todos os acessos. O mesmo foi observado nos frutos verde-maduros comparativamente aos frutos colhidos verdes tratados, ou não, com ethephon. Resultados semelhantes foram obtidos por PRETEL et al. (1995), em estudos com pimentão, em que a concentração clorofila teve modificações de 40 mg Kg^{-1} MF, em frutos verdes, a valores próximos de zero em frutos maduros.

Comparações entre frutos colhidos verdes e amadurecidos fora da planta, na presença ou na ausência de ethephon, mostram que o tratamento com ethephon não aumentou, significativamente, a degradação da clorofila em nenhum dos acessos. O tratamento parece não ter afetado o resultado final do processo de degradação de clorofilas. Resultados semelhantes foram obtidos por Meier et al. (1995), citados por GOLDSCHMIDT (1997), em que o etileno não foi efetivo em promover mudanças na coloração em pimentões, frutos considerados não climatéricos. GOLDSCHMIDT (1997) sugeriu que, entre frutos considerados não climatéricos, como pimentão e cítricos, existem diferenças nas respostas ao etileno, e por esta razão, estes podem ser separados em dois grupos: os que não respondem a aplicação de etileno exógeno e aqueles que não aumentam a síntese autocatalítica de etileno e na respiração climatérica, mas respondem ao etileno em outros processos relacionados ao amadurecimento.

Houve diferenças significativas quanto à síntese de pigmentos carotenóides entre frutos verde-maduros e maduros na planta, para todos os acessos (Tabela 7). Isto indica que houve aumento na síntese de carotenóides totais, durante o amadurecimento, para todos os acessos.

Tabela 7- Clorofila total ($\mu\text{g g MF}^{-1}$) em frutos verde-maduros, maduros na planta, maduros não tratados e maduros tratados.

Tratamento	Clorofila Total ($\mu\text{g g MF}^{-1}$)									
	BGH 1716	BGH 1723	BGH 1739	BGH 4179	BGH 4366	BGH 4708	BGH 6029	BGH 6371	CA 6	CA 13
FVM	39,29 a	72,18 a	117,28 a	94,08 a	84,40 a	134,67 a	112,65 a	51,95 a	155,20a	128,82a
FMP	3,97 b	8,57 b	1,85 b	4,12 b	14,21 b	9,04 b	26,72 b	2,68 c	10,85 b	16,15 b
FMNT	10,15 b	Traços	Traços	8,47 b	0,30 b	Traços	2,96 c	17,08 bc	4,20 b	8,20 b
FMT	12,10 b	16,83b	4,21 b	2,02 b	0,67 b	3,37 b	8,45 bc	20,70 b	0,34 b	6,35 b

FVM - fruto verde-maduro

FMP fruto maduro na planta.

FMNT- fruto amadurecido fora da planta sem tratamento com ethephon.

FMT- amadurecido fora da planta e tratado com ethephon na concentração de 1000mgL^{-1} .

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Carotenóides totais ($\mu\text{g g MF}^{-1}$) em frutos maduros na planta, maduros tratados e maduros não tratados.

Tratamento	Carotenóides Totais ($\mu\text{g g MF}^{-1}$)									
	BGH 1716	BGH 1723	BGH 1739	BGH 4179	BGH 4366	BGH 4708	BGH 6029	BGH 6371	CA 6	CA 13
FVM	0,037 c	4,35 c	9,40 b	Traços	6,11 c	1,59 b	14,25 c	Traços	3,35 c	2,00 c
FMP	12,82 a	101,49 b	118,23 a	87,18 a	156,23 a	93,78 a	64,06 b	84,03 a	375,64 a	305,75 a
FMNT	4,86 bc	171,71 a	103,53 a	85,77 ab	96,41 b	124,96 a	99,42 a	42,83 b	120,41 b	145,29 b
FMT	7,91 ab	166,07 a	115,04 a	47,21 b	136,96 ab	92,81 a	67,93 ab	51,99 ab	186,28 b	168,43 b

FVM - fruto verde-maduro

FMP- fruto amadurecido na planta.

FMNT- fruto amadurecido fora da planta sem tratamento com ethephon.

FMT- amadurecido fora da planta e tratado com ethephon na concentração de 1000mgL^{-1} .

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Contudo, a magnitude dos aumentos foi dependente das características genéticas dos frutos avaliados. Em frutos amadurecidos na planta, as menores taxas de acúmulo de carotenóides foram observadas em frutos de BGH 1716 (*C. chinense*) e BGH 6029 (*C. baccatum*), o que é explicado pelo fato que quando maduros, estes frutos têm cor laranja e amarela, respectivamente. Entre as pimentas vermelhas, os maiores teores de carotenóides foram detectados nos acessos de *C. annuum* Ca 6 e Ca 13, que atingiram 375,64 e 305,75 $\mu\text{g gMF}^{-1}$, respectivamente.

A análise dos teores de carotenóides totais, em frutos verde-maduros e frutos colhidos verdes e amadurecidos na ausência de ethephon, revelou que os últimos não continham teores superiores de carotenóides, indicando que a síntese ocorreu independentemente da aplicação de etileno exógeno. Além disso, comparando o efeito do tratamento com ethephon sobre esta característica, pode-se inferir que este não foi efetivo em aumentar os teores de carotenóides sintetizados pelos frutos durante o amadurecimento. Estes resultados sugerem que o tratamento com ethephon não interferiu no metabolismo dos carotenóides, e que o acúmulo destes pigmentos ocorreu, como é natural no amadurecimento. Portanto, outros fatores além do etileno afetam o acúmulo de carotenóides, como o próprio amadurecimento e as características genéticas dos frutos.

Estes resultados discordam dos apresentados por Ferrarese et al. (1995) e Harpster et al. (1997), citados por LELIÉVE et al (1997), que inferiram sobre a capacidade do etileno exógeno em estimular a síntese de carotenóides em pimentas. Contudo, segundo LELIÉVE et al. (1997), a síntese de carotenóides pode ser etileno-dependente ou independente, em função do tipo de pigmento, e portanto, outras substâncias reguladoras podem interferir neste mecanismo.

ABELES et al. (1992) inferiram que o tratamento com ethephon em frutos de tomate, laranja, goiaba, cereja e pimenta, entre outros, tem sido bastante utilizado para estimular a degradação de clorofila e estimular a síntese de carotenóides e antocianinas. As mudanças na coloração em frutos são afetadas pela ação do etileno (LARRIEGAUDIÉRE et al., 1996) e pela data de colheita (AGAR et al., 1999), sendo, muitas vezes, associadas à

produção de etileno pelos frutos (ABDI et al. 1997) e envolvem aumento da atividade da enzima ACC Oxidase (LARRIEGAUDIÈRE et al., 1996).

Com a finalidade de complementar a análise de pigmentos, foi medida a diferença global de cor entre frutos tratados com ethephon e não tratados, utilizando-se os frutos amadurecidos na planta como controles. Não foram obtidas diferenças significativas (dados não mostram). Portanto, pode-se inferir que embora frutos que amadureceram na planta apresentassem, visualmente, coloração mais acentuada, esta não era diferente da coloração dos demais frutos.

4.2.3 Análise do número de dias até o amadurecimento

A aplicação de etileno exógeno antecipou o amadurecimento dos acessos BGH 4179, BGH 6029 e Ca 6, enquanto, para os demais acessos não houve efeito do tratamento (Tabela 9). Antecipação do amadurecimento foi também observada por MAO e MOTSENBOCKER (2002), em frutos de *C. frutescens*, mediante tratamento com ethephon. Além de disso, o ethephon foi efetivo em antecipar as mudanças na coloração e acelerar o amadurecimento também em pimentão (LOCKWOOD & VINES, 1972), em páprica e em pimentas tipo Cayene (KRAJAYKLANG et al., 1999) ambas pertencentes à espécie *C. annuum*. No entanto, isto não ocorreu para a variedade Califórnia, pertencente a essa mesma espécie (PRETEL et al., 1995).

A diferença na resposta dos frutos ao tratamento com ethephon pode ser atribuída às características genéticas destes, uma vez que são genótipos distintos, provenientes de regiões diferentes.

Tabela 9 - Número de dias, após a colheita, necessários para que os frutos atingissem o estágio 100% maduro.

Tratamento	Dias para o Amadurecimento									
	BGH 1716	BGH 1723	BGH 1739	BGH 4179	BGH 4366	BGH 4708	BGH 6029	BGH 6371	CA 6	CA 13
FMNT	7,75 a	14,75 a	22,00 a	12,75 a	13,00 a	16,25 a	5,25 a	17,75 a	21,5 a	20,25 a
FMT	7,25 a	18,75 a	20,75 a	8,00 b	9,00 a	17,5 a	3,50 b	15,50 a	11,75 b	17,5 a

FMNT- fruto amadurecido fora da planta sem tratamento com ethephon.

FMT- amadurecido fora da planta e tratado com ethephon na concentração de 1000mgL⁻¹.

Médias seguidas pela letra, na coluna, em cada acesso, não diferem entre si pelo teste t.

5- CONCLUSÕES

O tratamento com ethephon ocasionou aumento na produção de CO₂ em acessos de todas as espécies. Contudo, houve variabilidade intra-específica e interespecífica.

Houve maior produção de CO₂ em frutos, na fase final de amadurecimento.

O tratamento com ethephon provocou aumento na concentração interna de CO₂, apenas, em acessos de *C. frutescens* e *C. baccatum*.

A concentração interna de CO₂ tendeu ao declínio durante o amadurecimento.

O tratamento com ethephon promoveu aumento na produção de etileno em frutos de acessos de todas as espécies.

Houve variabilidade inter e intra-específica na produção de etileno pelos frutos.

Houve aumento na concentração interna de etileno em frutos tratados com ethephon de todos os acessos.

Apenas nos acessos BGH 4366 e BGH 4708 o tratamento com ethephon ocasionou aumento no teor de sólidos solúveis totais.

Não houve envolvimento do ethephon na síntese e degradação de pigmentos em nenhum dos acessos.

Em todos os acessos, o amadurecimento acarretou decréscimo no teor de clorofila e aumento no teor de carotenóides totais.

A aplicação de fonte de etileno acelerou o completo amadurecimento apenas dos acessos BGH 4179, BGH 6029 e Ca 6.

O amadurecimento dos frutos de *Capsicum* sugere padrão não climatérico.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, N.; HOLFORD, P.; MCGLASSON, W.B.; MIZRAHI, Y. Ripening behavior and responses to propilene in four cultivars of japanese type plums. **Postharvest Biology and Technology**. 12: 21-34, 1997.

ABELES, F. B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JR, M. E. **Ethylene in Plant Biology**. 2ªed. Academic Press, Inc. California-USA. 1992. 414p.

AGAR, I. T.; ABAK, K.; YARSI, G. Effect of different maturity stages on the keeping quality of Nor (non-ripening), RIN (ripening-inhibitor) and normal type tomatoes. **Acta Horticulturae**, 368:742-753, 1994.

AGAR, I.T.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J. Exogenous ethylene accelerates ripening responses in Bartlett pears regardless of maturity or growing region. **Postharvest Biology and Technology**. 17: 67-78, 1999.

AWAD, M.A.; JAGER, A. Formation of flavonoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in 'jonalgold' apple skin: influences of growth regulators and fruit maturity. **Scientia Horticulturae**. 93: 257-266, 2002.

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers: vegetable and Spice Capsicums**. CABI Publishing. 1999. 204p.

CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A. A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, v.10(113): 8-10, 1984.

CHETELAT R.T.; DE VERNA J.W.; BENNETT A. B. Effects of the *Lycopersicon chmielewskii* sucrose accumulator gene (*sucr*) on fruit yield and quality parameters following introgression into tomato. **Theoretical Applied Genetic**, v.91, p.334-339, 1995.

CORRÊA, P. C. **Estudos de Los Indices de Madurez y Calidad de Aguacate Tratado por Frio Mediante Ensayos no Destructivos**. Viçosa, MG. 1992, 270p. Tese de Doutorado.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 442 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) 2000. **Capsicum Pimentas e Pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças. 113p.

FAO. **Agriculture Production**: Chilles e Peppers, Green Production. Rome, 2004. Disponível <http://apps.fao.org>>. Acesso em 12 mar.2004.

GOLDSCHMIDT, E. E. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: a role for ethylene. In: GARDIOLA, J. L.; GARCÍA MARTINEZ, J. L.; QUINLAN, J. D. (Ed.) Proceedings of The 8th International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production, **Acta Horticulturae**, n. 463, p. 335-340, 1997.

GOLDSCHMIDT, E. E.; HUBERMAN, M.; GOREM, R. Probing the role of endogenous ethylene in the degreening of citrus fruit with ethylene antagonists. **Plant Growth Regulation**, v.12, p.325-329, 1993.

GONG, Y.; FAN, X.; MATTHEIS, J. P. Responses of 'Bing' and 'Rainier' sweet cherries to ethylene and 1-methylcyclopropene. **Journal American Society for Horticultural Science**. 127(5): 831-835, 2002.

GROSS, K.C.; WATADA, A. E.; KANG, M.S.; KIM, S.D.; KIM, K.S.; LEE, S.W. Biochemical changes associated with the ripening of hot pepper fruit. **Physiologia Plantarum**. 66: 31-36, 1986.

HARPSTER, M. ; HOWIE, W. ;DUNSMUIR, P. Characterization of a PCR fragment encoding 1-aminocyclopropane-1-carboxylate sintase in pepper (*Capsicum annuum*). *J. Plant. Physiol*, v. 147. p. 661-664, 1996.

HENDRY, G. A. F.; PRICE, A. H., Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. IN: HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. **Methods in Comparative Plant Ecology, a laboratory manual**. London: Chapman e Hall, p.148-152. 1993.

HOWARD, L. R. ;SCHADEL, E. R. ; VILLAION, B. ; BURNS, E. E. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed Jalapenos. **Journal of Food Science**, v 59, p. 362-365, 1994.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. São Paulo, 1985. v.1, 533p.

KAYS,S. T. **Postharvest Physiology of Perishable Plant Products**. New York. AVI.1991. 532p.

KRAJAYKLANG, M.; KLIEBER, A.; WILLS, R. B. H.; DRY, P. R. Effects of ethephon on fruit yield, colour and pungency of Cayenne and Paprika

peppers. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 39, p. 81-86, 1999.

LARRIEGAUDIÈRE, C.; PINTO, E.; VENDRELL, M. Differential effects of ethephon and seniphos on color development of 'Starking Delicious' Apple. **Journal American Society for Horticultural Science**, v. 121(4), p. 746-750, 1996.

LELIÈVE, J.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v.101, p. 727-739, 1997.

LU, G.; YANG, C.; LIANG, H., LU, Z. 'Changjiao' Hot peppers are nonclimateric. **HortScience**. v. 25 (7), p.807, 1990.

LURIE, S.; SHAPIRO, B.; BEN-YEHOSHUA, S. Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. **Journal American Society for Horticultural Science**. v.111(6), p.880-885, 1986.

LOCKWOOD, D.; VINES, H. M. Red color enhancement of pimiento peppers with (2-chloroethyl)phosphonic acid. **Journal American Society for Horticultural Science**, v. 97(2), p. 192-197, 1972.

MAO, C.; MOTSENBOCKER, C.E. 2002. Effects of ethephon on Tabasco pepper fruit ripening and abscission at the fruit-receptacle junction. **Scientia Horticulturae**, v.93, p.357-365, 2002.

MATUS, Z.; DELI, J.; SZABOLCS, J. J.. Carotenoid composition of yellow pepper during ripening- Isolation of β -cryptoxantin 5,6-epoxide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.39, 1907-1914, 1991.

Mc LEOD, M.J.; ESHBAUGH, W.H.; GUTTMAN, S.I.; RAYLE, R.E.. An electrophoretic study of evolution in *Capsicum* (*Solanaceae*). **Evolution**, v. 37, p. 562-574, 1983.

NIELSEN, T.; SKJAERBAEK, H.C.; KARLSEN, P. Carbohydrate metabolism during fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants. **Physiologia Plantarum**. v.82, p. 311-319, 1991.

PICKERGILL, B. Genetics resources and breeding of *Capsicum spp.* **Euphytica**, v.96, p.129-133, 1997.

PORAT, R.; WEISS, B.; COHEN, L.; DAUS, A.; GOREN, R.; DROBY, S. Effects of ethylene and 1- methylcyclopropene on the postharvest qualities of 'Shamout' oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 155-163, 1999.

PRETEL, M. T.; SERRANO, M.; AMOROS, A.; RIQUELME, F.; ROMAJO, F. Non-involvement of ACC and ACC oxidase activity in pepper fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 5, p. 295-302, 1995.

SALTVEIT JR, M. E. 1977. Carbon dioxide, ethylene, and color development in ripening mature green bell peppers. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.120 (5), p. 523-525.

SALTVEIT JR, M.E. Internal carbon and ethylene levels in ripening tomato fruit attached to or detached from the plant. **Physiologia Plantarum**, v. 89, p. 204-210, 1993.

SALTVEIT, M. E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v.15: 279-292, 1999.

SIMON P.W. Plant pigments for color and nutrition. **Horticultural Science**, v. 32 (1), p.12-13, 1997.

SOUZA, R.J. de; CASALI, V. W. D. Cultivares de pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**. v.10 (113): 14-18, 1984.

TADESSE, T.; HEWETT, E. W.; NICHOLS, M. A.; FISHER, K.J. Changes in physiological attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. **Scientia Horticulturae**,v. 93, p. 91-103, 2002.

TAIZ, L. ; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R., et al. 3 ed. Porto Alegre. Artmed, 2004.

TEIXEIRA, R. **Diversidade em *Capsicum*: Análise Molecular, Morfoagronômica e Química**. Viçosa, MG . 1996. 81 p. Tese de Mestrado.

TUCKER, G. A Introduction. In: SEYMOR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. Editores, **Biochemisty of Fruit Ripening**. Chapman & Hall, Cambrige, 1993.

VENDRELL, M.; DOMINGUEZ-PUIGJANER, E.; LLOP-TOUS,I. Climateric versus non-climateric physiology. **Acta Horticulturae**, n.553, p. 345 – 349, 2001.

VILLAVINCENCIO, L E.; BLANKENSHIP, S.M.; SANDERS, D.C.; SWALLOW, W.H. Ethylene and carbon dioxide production in detached fruit of select pepper cultivars. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.124(4), p.402-406, 1999.

VILLAVINCENCIO, L E.; BLANKENSHIP, S.M.; SANDERS, D.C.; SWALLOW, W.H. Ethylene and carbon dioxide concentrations in attached

fruits of pepper cultivars during ripening. **Scientia Horticulturae**, v.91, p. 17-24, 2001.