

TERESA DRUMMOND CORREIA MENDES

**CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO EM FRUTOS
DE JILÓ (*Solanumgilo*)**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M538c
2013

Mendes, Teresa Drummond Correia, 1982-
Crescimento e fisiologia do amadurecimento em frutos de
jiló (*Solanum gilo*) / Teresa Drummond Correia Mendes. –
Viçosa, MG, 2013.
ix, 75 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Solanum gilo*. 2. Etileno. 3. Respiração. 4. Crescimento
(Plantas). 5. Clorofila. 6. Jiló - Fisiologia pós-colheita. 7. Jiló -
Crescimento. 8. Plantas - Efeito do etileno. 9. Jiló.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia
Vegetal. Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal.
II. Título.

CDD 22. ed. 583.952

TERESA DRUMMOND CORREIA MENDES

**CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO EM FRUTOS
DE JILÓ (*Solanumgilo*)**

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

APROVADA: 15 de maio de 2013.

Clarice Aparecida Megguer

Marialva Alvarenga Moreira

Mário Puiatti
(Coorientador)

Paulo Roberto Cecon

Fernando Luiz Finger
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Fernando Luiz Finger pelos valiosos ensinamentos e amizade, contribuindo de forma valiosa para a minha formação profissional e pessoal.

Aos professores Mário Puiatti e Raimundo Santos Barros pelos ensinamentos, orientação e confiança.

Ao professor Paulo Roberto Cecon pelos ensinamentos de estatística, paciência, e pelas agradáveis conversas!

À Clarice Aparecida Megguer e Marialva Alvarenga Moreira pela amizade, disponibilidade e pelos preciosos conselhos.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fisiologia Vegetal pelos valiosos ensinamentos e oportunidade de realização do curso.

À FAPEMIG pela concessão da bolsa de estudo.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial e com muito carinho, aos funcionários da Horta Nova, que sempre se mostraram dispostos a ajudar e contribuir nos experimentos realizados.

Ao Geraldo e Sebastião pela amizade, colaboração e valioso auxílio nos trabalhos realizados.

Aos amigos do laboratório pelo companheirismo, conselhos e pelos bons momentos de descontração, em especial, Deise, Júlien, Luciana e Rithiely.

Aos grandes amigos do curso de Fisiologia Vegetal pela presença marcante, mesmo que um pouco distante, durante todos esses anos de curso.

À Dona Graça e toda a sua família, pelo carinho.

Aos meus pais, pela confiança, apoio e conselhos, durante toda a vida!

Ao Moisés, pelo incentivo sempre presente e sem igual!

À Deus, por guiar meus caminhos e ser presença constante na minha vida.

BIOGRAFIA

Teresa Drummond Correia Mendes, filha de José Carlos Correia e Marta Maria Drummond, nasceu no dia 18 de novembro de 1982, em Belo Horizonte - Minas Gerais.

Em outubro de 2006, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa. Em março de 2007 iniciou o curso de Mestrado em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 18 de fevereiro de 2009. Em março do mesmo ano iniciou o curso de Doutorado, na mesma instituição, o qual foi concluído em 15 de maio de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO 1- CRESCIMENTO E AMADURECIMENTO DE FRUTOS DE JILÓ: ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS	7
RESUMO	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. MATERIAL VEGETAL E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	11
2.2. AVALIAÇÕES.....	12
2.2.1. LARGURA E COMPRIMENTO	12
2.2.2. VOLUME	12
2.2.3. MASSA DE MATÉRIA FRESCA E MASSA DE MATÉRIA SECA	13
2.2.4. COR.....	13
2.2.5. CLOROFILA	13
2.2.6. CAROTENOIDES	14
2.2.7. FIRMEZA	14
2.2.8. COMPOSTOS FENÓLICOS SOLÚVEIS	14
2.2.9. ACIDEZ.....	15
2.2.10. SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS.....	15
2.2.11. AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS, REDUTORES, NÃO REDUTORES E AMIDO.....	15
2.2.11.1. EXTRAÇÃO	15
2.2.11.2. QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS	15
2.2.11.3.QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES	16
2.2.11.4. QUANTIFICAÇÃO DE AMIDO	16
2.2.12. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÕES	36
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO 2- EFEITO DO ETILENO NO AMADURECIMENTO DE FRUTOS DE JILÓ: COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO E SENSIBILIDADE AO HORMÔNIO	42

RESUMO	42
1. INTRODUÇÃO.....	44
2. MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1. ESTUDO I: DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE JILÓ	47
2.1.1. EXPERIMENTO 1: EVOLUÇÃO DE ETILENO E CO₂ DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS DE JILÓ.....	48
2.1.2. EXPERIMENTO 2: DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO EM FRUTOS DE JILÓ TRATADOS COM ETILENO	48
2.1.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	49
2.2. ESTUDO II: SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE JILÓ AO ETILENO	49
2.2.1.PERDA DE MASSA DE MATÉRIA FRESCA	50
2.2.2.COR.....	50
2.2.3.CLOROFILA	50
2.2.4.AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS, REDUTORES, NÃO REDUTORES E AMIDO 51	
2.2.4.1. EXTRAÇÃO	51
2.2.4.2. QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES SOLÚVEIS TOTAIS.....	51
2.2.4.3. QUANTIFICAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES. 51	
2.2.4.4. QUANTIFICAÇÃO DE AMIDO	52
2.2.5.ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.1. ESTUDO I: DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE JILÓ	53
3.1.1. EXPERIMENTO 1: EVOLUÇÃO DE ETILENO E CO₂ DURANTE O DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS DE JILÓ.....	53
3.1.2.EXPERIMENTO 2: DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO EM FRUTOS DE JILÓ TRATADOS COM ETILENO	57
3.2. ESTUDO II: SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE JILÓ AO ETILENO	63
4. CONCLUSÕES	69
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
CONCLUSÕES GERAIS	75

RESUMO

MENDES, Teresa Drummond Correia, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2013. **Crescimento e fisiologia do amadurecimento em frutos de jiló (*Solanum gilo*)**. Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: Mário Puiatti e Raimundo Santos Barros.

O jiló é apreciado comercialmente pelo sabor amargo e pela cor verde dos frutos. Para isso, a colheita deve ser feita com frutos imaturos, sem apresentar amarelecimento e a cor vermelha. Durante o crescimento e amadurecimento de frutos ocorrem mudanças físicas, relacionadas ao tamanho, formato e coloração. Também ocorrem alterações químicas, relacionadas à textura e sabor, e alterações fisiológicas, relacionadas à taxa respiratória e à síntese de etileno. Dependendo do comportamento da síntese de etileno e da respiração, ao longo do amadurecimento, os frutos são classificados em climatéricos e não-climatéricos. No entanto, independente dessa classificação, os frutos podem, ou não, apresentar variada sensibilidade ao hormônio. As pesquisas em frutos de jiló ainda são incipientes, sendo necessário esclarecer os processos de crescimento, amadurecimento e o nível de sensibilidade desses frutos ao etileno. Assim, os objetivos desse trabalho foram: avaliar as mudanças físicas e químicas que ocorrem durante o crescimento e amadurecimento de frutos de jiló, determinar o comportamento climatérico e determinar o nível de sensibilidade dos frutos ao etileno. Flores de jiló foram marcadas na data da sua abertura e os frutos foram colhidos a partir do 13º até o 43º dia após a abertura floral, quando se encontravam completamente maduros, para as seguintes avaliações: comprimento, largura, volume, massa fresca, massa seca, cor, firmeza, concentração de clorofila, carotenoides e compostos fenólicos solúveis, acidez, sólidos solúveis totais, teor de açúcares, teor de amido, produção de etileno e respiração. Para verificar a síntese de etileno autocatalítico, frutos no estágio verde maduro permaneceram em atmosfera normal ou rica em 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, sendo avaliados quanto à produção de etileno, respiração, cor e perda de massa de matéria fresca. A sensibilidade dos frutos ao hormônio foi avaliada nas seguintes concentrações: 0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, realizando as avaliações de perda de massa de matéria fresca, cor, teor de clorofila, teor de açúcares e teor de amido. Frutos de jiló possuem crescimento do tipo sigmoide simples. Durante o crescimento e amadurecimento ocorrem alterações na cor que são evidenciadas pela

redução na concentração de clorofila e elevação da concentração de carotenoides. Também se verifica redução da acidez e firmeza, e aumentos nos teores de açúcares solúveis totais e redutores. Em relação à fisiologia do amadurecimento, frutos de jiló podem ser classificados como climatéricos, com aumento da respiração, do etileno e síntese do etileno autocatalítico, e apresentam alterações na cor simultâneas ao pico de etileno. Frutos tratados com $1000\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno têm sua vida pós-colheita reduzida para 2 dias de armazenamento em relação à cor eo conteúdo de clorofila decresce em todas as concentrações usadas, a partir do 3º dia de armazenamento.

ABSTRACT

MENDES, Teresa Drummond Correia, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2013. **Growth and physiology of ripening in fruits of jilo (*Solanum jillo*)**. Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: Mário Puiatti and Raimundo Santos Barros.

The jilo is commercially appreciated by the bitter taste and the green color of the fruit. For this, the harvest should be done when the fruits are unripe, without showing yellowing and red color. During the growth and ripening of fruit, physical changes occur related to the size, shape and coloring. Also occurring chemical changes, related to texture, flavor, respiration and ethylene production. Depending on the behavior of the ethylene synthesis and respiration during ripening, fruits are classified into climacteric and non-climacteric. However, regardless of this classification, the fruits may display varied sensitivity to the hormone. Works with jilo fruits are still incipient, being necessary to clarify the processes of growth, ripening and level of sensitivity of these fruits to ethylene action. The objectives of this study were to assess the physical and chemical changes resulting from the fruit growth and ripening, determine the climacteric behavior and determine the level of sensitivity of fruits to ethylene. Flowers were tagged on the day of their opening and the fruits were harvested and evaluated from the 13th to 43th days after flower opening, when the fruits were completely ripening. The fruit length, width, volume, fresh weight mass, dry weight mass, color, firmness, content of chlorophyll, carotenoids, soluble phenolics compounds, acidity, total solid soluble, sugar content, starch content, ethylene production and respiration were determined. To verify the synthesis of ethylene autocatalytic, fruits at mature green stage remained in normal atmosphere and in 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ ethylene being evaluated for ethylene production, respiration, color and fresh weight loss. The sensitivity of the fruit to the hormone was evaluated in the following concentrations: 0.1, 1, 10, 100 and 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ ethylene, followed by the analysis of fresh weight loss, color, chlorophyll, sugar and starch contents. Fruits of jilo showed a simple sigmoid-type curve for the growth. During fruit growth and ripening changes in color were evidenced by a reduction in chlorophyll content and increased content of carotenoid. Reduction of acidity and firmness, and increased levels of soluble sugars and reducing sugars occurred. Regarding the physiology of ripening, fruit of jilo can be classified as

climacteric fruit, with increase in respiration, ethylene and ethylene autocatalytic synthesis, presenting changes in the color simultaneous of the peak of ethylene production. Fruits treated with $1000\mu\text{L L}^{-1}$ ethylene had postharvest life of 2 days in relation to color and chlorophyll content decreases at all concentrations tested, from the 3rd day of storage.

INTRODUÇÃO GERAL

O jiloeiro (*Solanum gilo*) é originário da África ou da Índia e foi introduzido no Brasil pelos escravos. Pertence à família das solanáceas, possuindo elevada exigência por altas temperaturas. Atualmente, no Brasil, existe três cultivares de jiló, sendo todas nacionais: cultivar Comprido Grande Rio, que produz frutos alongados e bastante consumidos no Rio de Janeiro; cultivar Morro Grande, tradicional no estado de São Paulo e caracterizada por possuir frutos globulares, e a cultivar Tinguá que apresenta frutos de formato intermediário (Filgueira, 2003). Comercialmente os frutos de jiló são valorizados pelo sabor amargo e pela coloração verde. Portanto, a colheita deve ser feita com os frutos com coloração verde intensa, sem estarem amarelados ou com a cor vermelha dos frutos maduros (Calbo, 2013).

Os processos de crescimento e amadurecimento de frutos são constituídos por mudanças físicas, químicas e fisiológicas. De forma geral, à medida que se tornam completamente maduros, os frutos adquirem maciez, sabor adocicado e coloração forte para ficarem mais palatáveis e apropriados para dispersão das sementes (Giovannoni, 2004).

Assim que a flor é polinizada, dá-se início à formação do fruto através de inúmeras divisões celulares. Após essa fase, as células passam a se expandir até o fruto atingir o tamanho final (Gillaspy et al., 1993). Em tomate, a fase de divisão celular dura de 7 a 10 dias após a fertilização, e, em seguida, inicia-se a fase de expansão celular, que se estende até o início do amadurecimento (Joubéset et al., 1999). O resultado final desses processos é o aumento no comprimento, largura e volume dos frutos, deixando-os no formato e tamanho característicos da espécie. Além disso, outros dois parâmetros que contribuem para o crescimento dos frutos são a elevação na massa de matéria fresca, devido à maior absorção de água, e o aumento da massa de matéria seca, pela translocação de fotoassimilados de outras partes da planta para os frutos (Neto e Reinhardt, 2003). Avaliando-se o comportamento dos parâmetros de crescimento ao longo do tempo, encontram-se dois padrões distintos de crescimento, nos quais os frutos são classificados. Frutos como maçã, pera, banana, morango e laranja possuem uma única fase de rápido crescimento, seguindo o padrão de crescimento do tipo sigmoide simples. Os frutos que seguem a curva sigmoide-dupla possuem duas fases de crescimento rápido, tendo como exemplos figo,

framboesa e azeitona (Coombe, 1976). O tipo de curva de crescimento de frutos de jiló ainda é desconhecido, sendo necessários estudos para a sua determinação.

A cor de frutos maduros é resultado da degradação da clorofila presente nos frutos verdes e/ou do acúmulo de carotenoides ou antocianinas presentes nos frutos amarelos, vermelhos ou roxos. Durante o amadurecimento de mamão ocorre síntese de carotenoides, além de haver degradação da clorofila, que torna mais evidente os carotenoides preexistentes nos frutos (Paullet al., 2008). A perda da cor verde é devido à desorganização dos cloroplastos e de suas membranas tilacóide, seguida de degradação da clorofila (Martínez et al., 1996). Em outros frutos como banana, a mudança de cor parece ter como responsável apenas a degradação de clorofila, permitindo o aparecimento dos carotenoides estáveis que estavam presentes no tecido (Golding et al., 1998). Frutos de jiló com coloração verde intensa adquirem cor vermelha escura quando maduros, passando por uma fase transitória de coloração amarelada a alaranjada durante o processo de mudança de cor. No entanto, não existem informações detalhadas sobre como ocorre essa transição de cor e nem as alterações químicas responsáveis pelo processo, como degradação de clorofila e/ou síntese e acúmulo de carotenoides.

De acordo com Bashir e Abu-Goukh (2003) há aumento do °brix, do teor de açúcares solúveis totais e da maciez de frutos de goiaba ao longo do amadurecimento. Em contrapartida, são determinadas reduções do teor de compostos fenólicos solúveis e da acidez nesses frutos. Compostos como açúcares, ácidos e compostos fenólicos têm o seu conteúdo alterado para formação do sabor característico dos frutos. Da mesma forma ocorrem mudanças na textura, que tornam os frutos mais macios.

O hormônio que controla todas essas alterações do amadurecimento em frutos climatéricos é o etileno. O etileno induz à síntese de várias enzimas que degradam ou produzem compostos necessários ao amadurecimento dos frutos, como enzimas que degradam a clorofila, sintetizam os carotenoides (Fuji et al., 2007) e as enzimas necessárias para promover a maciez dos frutos (Majumder e Mazumdar, 2002) e degradação dos ácidos orgânicos (Brackmann et al., 2009).

Frutos apresentam diferentes comportamentos em relação à síntese de etileno e à respiração durante o amadurecimento, o que os classifica em dois grupos: os frutos climatéricos e não-climatéricos. Frutos climatéricos possuem aumento súbito na respiração e na síntese de etileno durante o seu desenvolvimento e frutos não-

climatéricos não possuem esseamento da respiração e etileno (Barry e Giovannoni, 2007). Ainda, conforme Atta-Alyet al. (2000) um mecanismo de feedback negativo, no qual o etileno inibe a própria síntese, estaria governando o amadurecimento de frutos não-climatéricos. Em oposição, em frutos climatéricos, ocorre mecanismo de feedback positivo, com o etileno externo induzindo a síntese de etileno. Na prática, frutos climatéricos podem ser colhidos verdes maduros e logo que há incremento de etileno, pois as transformações decorrentes do amadurecimento ocorrerão mesmo com os frutos destacados da planta. Em contrapartida, frutos não-climatéricos devem ser colhidos somente quando completamente maduros, uma vez que são incapazes de amadurecer quando destacados da planta.

Apesar da classificação entre climatéricos e não-climatéricos, os frutos podem responder ao etileno e apresentarem sensibilidade ao hormônio. Isso ocorre devido à presença de receptores de etileno presentes nas membranas celulares dos frutos. Frutos de tomate imaturos não amadurecem se expostos ao etileno, sendo necessária a percepção do hormônio para iniciar o processo de amadurecimento. Essa percepção é dada pelo aumento da expressão de receptores de etileno na fase de amadurecimento dos frutos (Klee, 2002). O amadurecimento de morango, um fruto não-climatérico, também pode depender da elevada expressão de receptores de etileno. De acordo com Trainotti et al. (2005) durante o amadurecimento de frutos de morango há alteração da cor verde para vermelha, passando pela coloração branca transitória. Nessa fase, observa-se um leve incremento no nível de etileno e aumento da expressão dos seus receptores. De acordo com os autores, há predomínio de expressão de receptores que são capazes de induzir resposta fisiológica mesmo a baixos níveis de síntese do hormônio.

Diante do exposto objetivou-se com esse trabalho:

- Avaliar as mudanças físicas e químicas que ocorrem durante o crescimento e amadurecimento de frutos de jiló;
- Classificar o amadurecimento de frutos de jiló quanto ao comportamento climatérico e não-climatérico;
- Determinar o nível de sensibilidade dos frutos ao etileno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTA-ALY, M.A.; BRENCHT, J.K.; HUBER, D.J. 2000. Ethylene feedback mechanisms in tomato and strawberry fruit tissues in relation to fruit ripening and climacteric patterns. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, p.151-162.

BARRY, C.S.; GIOVANNONI, J.J. 2007. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.26, p.143-159.

BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH, A-B.A. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chemistry**, v.80, p.557-563.

BRACKMANN, A.; WEBER, A.; SESTARI, I.; PETERLE, M.E.; BOTH, V.; PAVANELLO, E.P.; PINTO, J.A.V. 2009. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, Campinas, v.68, p.519-525.

CALBO, A.G. **Jiló** (*Solanum gilo* Raddi). Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/jilo.htm>. Acesso em 13 de abril de 2013.

COOMBE, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, v.27, p.507-528.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª Ed, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 412p.

FUJI, H.; SHIMADA, T.; SUGIYAMA, A.; NISHIKAWA, F.; ENDO, T.; NAKANO, M.; IKOMA, Y.; SHIMIZU, T.; OMURA, M. 2007. Profiling ethylene-responsive genes in mature mandarin fruit using a citrus 22k oligoarray. **Plant Science**, v.173, p.340-348.

GILLASPY, G.; BEN-DAVID, H.; GRUISSEM, W. 1993. Fruits: a developmental perspective. **The Plant Cell**, v.5, p.1439-1451.

GIOVANNONI, J.J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**, v.16, p.S170-S180.

GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S.G.; McGLASSON, W.B. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.87-98.

JOUBÉS, J.; PHAN, T-H.; JUST, D.; ROTHAN, C.; BERGOUNIOUX, C.; RAYMOND, P.; CHEVALIER, C. 1999. Molecular and biochemical characterization of the involvement of cyclin-dependent kinase A during the early development of tomato fruit. **Plant Physiology**, v.121, p.857-869.

KLEE, H.J. 2002. Control of ethylene-mediated processes in tomato at the level of receptors. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.2057-2063.

MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B.C. 2002. Changes in pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, v.96, p.91-101.

MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; AÑÓN, M.C. 1996. Effect of exogenous application of gibberellic acid on color change and phenylalanine ammonia-lyase, chlorophyllase, and peroxidase activities during ripening of strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Journal of Plant Growth Regulation**, v.15, p.139-146.

NETO, M.T.C.; REINHARDT, D.H. 2003. Relação entre parâmetros de crescimento do fruto da manga cv. Haden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, p.36-38.

PAULL, R.E.; IRIKURA, B.; WU, P.; TURANO, H.; CHEN, N.J.; BLAS, A.; FELLMAN, J.K.; GSCHWEND, A.R.; WAI, C.M.; YU, Q.; PRESTING, G.; ALAM, M.; MING, R. 2008. Fruit development, ripening and quality related genes in the papaya genome. *Tropical Plant Biology*, v.1, p.246-277.

TRAINOTTI, L.; PAVANELLO, A.; CASADORO, G. 2005. Different ethylene receptors show an increased expression during the ripening of strawberries: does such an increment imply a role for ethylene in the ripening of these non-climacteric fruits? ***Journal of Experimental Botany***, v.56, p.2037-2046.

CAPÍTULO 1- CRESCIMENTO E AMADURECIMENTO DE FRUTOS DE JILÓ:ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

RESUMO

O desenvolvimento de frutos é um processo complexo que resulta na formação de frutos de cores atraentes e sabor agradável. Cada espécie apresenta diferentes comportamentos de crescimento e alterações físicas e químicas. Frutos de jiló são popularmente conhecidos e apreciados pelo sabor amargo e são colhidos imaturos. Objetivou-se com esse trabalho determinar as alterações físicas e químicas resultantes do crescimento e amadurecimento de frutos de jiló. Para isso, as flores de jiló foram marcadas na data de abertura e os frutos colhidos, a partir do 13º até o 43º dia após a abertura floral, para a realização das análises físicas e químicas. As alterações no comprimento, largura, volume e nas massas de matéria fresca e seca ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló descrevem uma curva do tipo sigmoide simples. Frutos de jiló crescem de forma a determinar, primeiramente, o formato alongado, no entanto, apresentam contínuos aumentos na largura, no volume e nas massas de matéria fresca e seca até a fase de amadurecimento. Alterações na coloração iniciam a partir do 31º dia após a abertura floral, mas os frutos tornam-se completamente vermelhos no 43º dia. As alterações na coloração são confirmadas pela redução na concentração de clorofila e aumento da concentração de carotenoides no amadurecimento dos frutos. Para a formação do sabor dos frutos há redução da acidez e leve aumento no teor de açúcares solúveis totais e redutores. A partir de 34 dias após a abertura floral também são determinadas maiores reduções na firmeza e após o 30º dia há incremento na concentração de compostos fenólicos. Com base nos resultados obtidos, e como a escolha do consumidor pelos melhores frutos é feita de acordo com o tamanho e a coloração, a colheita de frutos de jiló deve ser realizada entre o 25º e 28º dia após a abertura floral, quando os mesmos possuem valores de L^* , a^* e do ângulo Hue próximos a 55,0, -16,0 e 108,4º, respectivamente e valor de firmeza de 41 N.

Palavras-chave: *Solanum gilo*, cor, firmeza, comprimento, composição química.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de frutos na planta é resultado de dois processos que agem de forma coordenada, o crescimento e o amadurecimento. O crescimento resultará no acúmulo de massa de matéria seca e na forma característica dos frutos. Ocorre desde a abertura floral até o amadurecimento e é resultado dos processos de divisão e expansão celular, que agem de forma coordenada. Geralmente, a fase de divisão celular predomina nos estádios iniciais do crescimento, sobrepondo-se à fase de expansão celular, que por sua vez, continua até o amadurecimento do fruto (Crane, 1964).

Se o aumento cumulativo das dimensões do fruto e da massa de matéria fresca e seca forem plotados em função do tempo após a abertura floral, a curva resultante terá comportamento de sigmoide simples ou de sigmoide-dupla (Crane, 1964). A curva do tipo sigmoide simples apresenta uma fase inicial de crescimento lento seguida por uma segunda fase de rápido crescimento, até o fruto atingir o seu tamanho final. Frutos da família solanácea, como pimenta (Pretelet al., 1995), pimentão cv. Domino (Tadesseet al., 2002) e tomate cv. Santa Clara (Moura et al., 2004) apresentam esse tipo de comportamento. A curva sigmoide-dupla, exemplificada por frutos de uva (Kennedy et al., 2000) e pêssigo, é formada por três estádios: o primeiro estádio, caracterizado por crescimento intenso do fruto; o segundo estádio, no qual há uma desaceleração do crescimento, e o terceiro estádio, representado pela retomada do rápido crescimento, até o fruto chegar ao seu tamanho final (Bruna, 2007).

O amadurecimento de frutos é uma fase do desenvolvimento que é geneticamente programada, dependendoda ação de uma série de enzimas (Coombe, 1976) e da expressão gênica. O amadurecimento de um fruto carnoso é marcado por processos químicos, fisiológicos e estruturais que influenciam a aparência, textura, sabor e aroma, para torná-los mais saborosos e atrativos. Dentre esses processos têm-seas alterações na cor, devido ao aumento ou redução na síntese de clorofila, carotenoides e flavonoides. Também há variações na textura, pela alteração noturgor celular e na estrutura e metabolismo da parede celular, e ocorrem modificações na composição de açúcares, ácidos e compostos voláteis, que influenciam a qualidade nutricional, o aroma e o gosto dos frutos (Giovannoni, 2004).

A alteração na coloração de frutos é marcada pela passagem da cor verde para a cor específica de cada espécie, seja ela amarela, laranja, vermelha ou roxa. Os pigmentos responsáveis pela cor verde em frutos são as clorofilas, pelas cores amarelo, alaranjado e vermelho são os carotenoides e pela cor roxa são as antocianinas. Os carotenoides presentes nos tecidos fotossintéticos possuem importante papel na proteção do aparato fotossintético contra o excesso de energia luminosa. Além disso, eles também são encontrados em flores e frutos, onde tem função de atração a polinizadores e dispersão de sementes, respectivamente (Bramley, 2002). Durante o crescimento e amadurecimento de tomate houve redução na concentração de clorofila e aumento de até 53 vezes na concentração de carotenoides dos frutos (Fraser et al., 1994). O mesmo ocorre ao longo do amadurecimento de pimentão, que eleva de 23 a 38 vezes a concentração de carotenoides, dependendo da cultivar (Hornero-Méndez e Mínguez-Mosquera, 2000).

A parede celular dos frutos é basicamente constituída de celulose, hemicelulose, pectina e proteínas (Fischer e Bennett, 1991). A ação de enzimas sobre os constituintes da parede celular causam modificações que resultam na diminuição da firmeza e conseqüentemente, no amolecimento dos frutos. Em frutos de pimentão houve aumento da atividade dessas enzimas, que agindo de forma coordenada durante o amadurecimento, resultaram na menor firmeza dos frutos (Sethuet al., 1996).

Durante o amadurecimento de frutos de tomate ocorreu redução na acidez com concomitante elevação no teor de sólidos solúveis totais (°brix) e na concentração de açúcares redutores (Gautieret al., 2008). Também, pimentas da cv. Habanero possuem menor concentração de compostos fenólicos quando maduras (Menichini et al., 2009). Essas alterações na composição e concentração de constituintes de frutos são importantes para a formação do sabor dos frutos.

O jiloeiro pertence à família Solanácea, a mesma do tomate, batata, pimentão e pimentas. Devido à elevada exigência por altas temperaturas, a época de cultivo ocorre nos meses da primavera e verão e em condições de inverno ameno (Filgueira, 2003). A colheita dos frutos inicia-se aos 90 a 100 dias após a emergência das plantas, com frutos ainda imaturos. Frutos maduros, com coloração vermelha e sementes duras, não são bem aceitos pelo consumidor, não sendo recomendado o amadurecimento de frutos de jiló (Calbo, 2013). Entretanto, as mudanças físicas e

químicas decorrentes do crescimento e amadurecimento desses frutos ainda são desconhecidas.

Objetivou-se com esse trabalho determinar as alterações físicas e químicas ao longo do crescimento e amadurecimento de frutos de jiló.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material vegetal e condições experimentais

Plantas de jiló da cultivar Tinguá foram cultivadas no campo experimental da “Horta Nova” da Universidade Federal de Viçosa, localizada à latitude de 20°45’14’’ sul, longitude 42°52’55’’ oeste e 650 metros de altitude. O plantio foi realizado em novembro de 2010, sendo as plantas dispostas em 2 fileiras de aproximadamente 10 metros, no espaçamento de 0,50 metros entre fileiras e 0,80 metros entre plantas, totalizando 24 plantas. Durante o período de florescimento, as flores foram identificadas diariamente com fitas de diferentes cores para determinação da data da abertura floral (Figura 1). As marcações foram realizadas entre os dias 24 de março de 2011 e 04 de maio de 2011. Os dados climáticos coletados diariamente de temperatura e brilho solar estão demonstrados na Figura 2 e a média da umidade relativa no período foi de 84,6 %. A colheita dos frutos ocorreu a partir do 13º dia após a abertura floral, sendo realizada a cada três dias, até o completo amadurecimento dos mesmos na planta, correspondendo ao 43º dia após a abertura floral.



Figura 1. Ponto de abertura no qual as flores de plantas de jiló foram marcadas para o experimento.

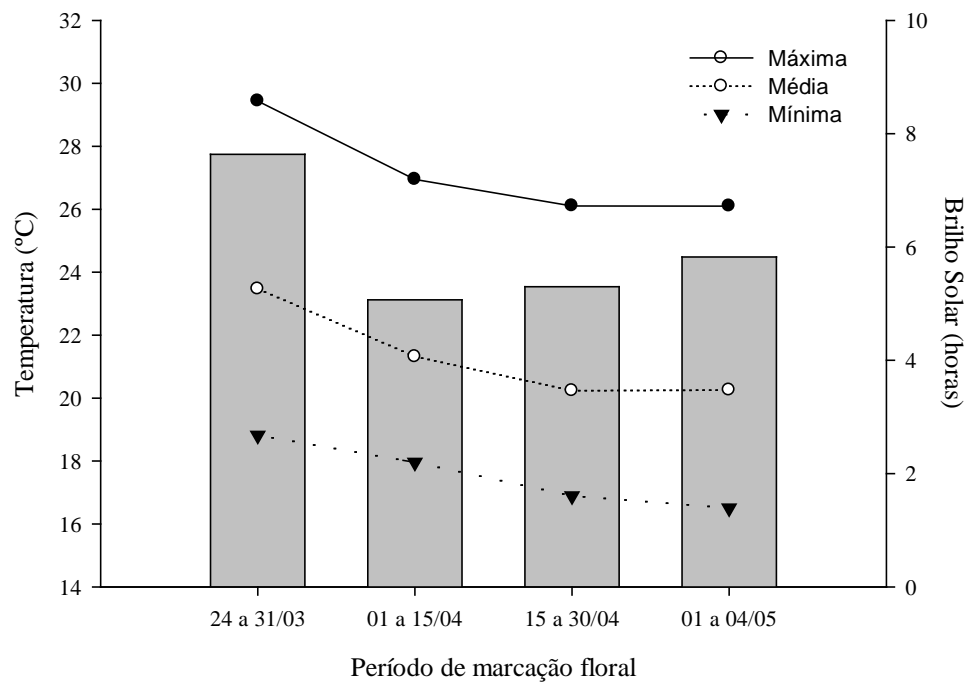


Figura 2. Médias das temperaturas máxima, mínima e média e brilho solar durante o período de marcação das flores de jiló.

Após a colheita os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa e amostras contendo cinco frutos foram utilizadas para análise, conforme descrito a seguir.

2.2. Avaliações

2.2.1. Largura e comprimento

A medição do comprimento e largura dos frutos foi realizada através de paquímetro digital marca Digimess, sendo expressas em milímetro (mm).

2.2.2. Volume

O volume do fruto foi determinado considerando o volume de água deslocado. O fruto foi imerso em proveta graduada preenchida com água. O volume de água

deslocado após a imersão do fruto, em mililitro (mL), corresponde ao volume do mesmo.

2.2.3. Massa de matéria fresca e massa de matéria seca

A massa de matéria fresca total do fruto foi determinada em balança. Para obter a massa de matéria seca total, o fruto foi cortado em pedaços e colocado em estufa a 65°C durante, aproximadamente, 72 horas até atingir massa constante. Em seguida, o fruto foi retirado da estufa e permaneceu em dessecador para resfriar e alcançar a temperatura ambiente, sendo novamente pesado. As massas foram expressas em gramas (g).

2.2.4. Cor

A coloração foi avaliada em 2 pontos opostos na parte mediana da casca do fruto usando o colorímetro Color Reader CR-10, Minolta. Na avaliação foram determinados os valores dos componentes L*, a*, b*, c* (croma) e o ângulo Hue. O L* refere-se ao grau de brilho da amostra, variando de claro (valores próximos a 100) a escuro (valores próximos a 0). O a* varia de verde (valores negativos) a vermelho (valores positivos). O componente b* varia de azul (valores negativos) a amarelo (valores positivos). O c* ou croma refere-se à intensidade ou pureza da cor e o ângulo Hue à alteração da cor verde (180°) para vermelha (0°) (McGuire, 1992).

2.2.5. Clorofila

Para a análise de clorofila retirou-se 4 discos da casca do fruto, com 3 mm de espessura e 11 mm de diâmetro. Esses foram pesados e colocados em tubos contendo 10 mL de N,N-Dimetilformamida, sob refrigeração a 4°C, no escuro. Após 10 dias, procedeu-se à filtração do solvente e à leitura da absorbância nos comprimentos de onda 647 e 664,5 nm, usando o espectrofotômetro (Inskeep e Bloom, 1985). A concentração de clorofila foi expressa em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca.

2.2.6. Carotenoides

A análise de carotenoides foi realizada de acordo com Rodriguez-Amaya (1989). Aproximadamente 2 g da casca do fruto foram homogeneizadas em 10 mL de acetona pura resfriada, durante 1 min. O homogenato resultante foi filtrado em balão volumétrico, completando-se o volume para 50 mL com acetona pura. Em seguida, transferiu-se o extrato cetônico para um funil de separação contendo 25 mL de éter de petróleo. Procederam-se as 3 lavagens da mistura, com água destilada, descartando a fase inferior (aquosa) após cada lavagem. Após retirar toda a fase aquosa, o volume final do extrato foi medido e fez-se a leitura da absorbância no espectrofotômetro, com comprimento de onda de 449 nm. A concentração de carotenoides foi expressa em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca.

2.2.7. Firmeza

A determinação da firmeza foi realizada na região mediana do fruto. De acordo com teste preliminar realizado em laboratório, a firmeza foi determinada sem remoção da casca, utilizando-se o aparelho penetrômetro, com ponteira de 8 mm de diâmetro. O valor determinado foi multiplicado por 9,8 para a firmeza ser expressa em Newtons (N).

2.2.8. Compostos Fenólicos Solúveis

A avaliação de compostos fenólicos solúveis foi realizada de acordo com Prince e Butler (1977). Para isso, cerca de 5 g de frutos com casca foram triturados em etanol 80% e centrifugados a 14000 g, durante 15 minutos. Em seguida coletou-se o sobrenadante, e adicionou 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (diluído 1:3) e 2 mL de carbonato de sódio anidro 10%. As leituras da absorbância, no espectrofotômetro, foram realizadas após agitação dos tubos e permanência dos mesmos no escuro, durante 1 hora. Utilizou-se o comprimento de onda de 700 nm e a concentração dos compostos fenólicos solúveis foi expressa em mg de D-catequina g^{-1} de massa fresca de fruto, tendo a curva padrão de D-catequina para comparação dos resultados.

2.2.9. Acidez

Triturou-se 10 g da polpa do fruto com água desionizada, completando-se o volume para 50 mL. Em seguida, foram adicionadas gotas de NaOH 0,1 N previamente padronizado, até o pH da solução atingir 8,1 (Cano et al., 2008). A acidez foi calculada considerando o equivalente-grama do ácido cítrico (64 gramas), sendo expressa em % de ácido cítrico.

2.2.10. Sólidos Solúveis Totais

A polpa do fruto foi triturada e o suco resultante foi analisado quanto aos sólidos solúveis totais, em °brix, usando-se o refratômetro digital Hanna HI 96801.

2.2.11. Açúcares Solúveis totais, redutores, não redutores e amido

2.2.11.1. Extração

Cerca de 5 g da polpa do fruto foram trituradas em etanol 80%. Em seguida foram centrifugadas, coletando-se o sobrenadante. Esse procedimento foi repetido 3 vezes, completando-se o volume final do extrato alcoólico para 50 mL. Esse extrato alcoólico foi usado para as análises de açúcares solúveis totais e açúcares redutores. O precipitado resultante das centrifugações foi seco em estufa a 65°C por 24 horas e em seguida permaneceu em dessecadores, sendo posteriormente utilizado na quantificação de amido (McCready et al., 1950).

2.2.11.2. Quantificação de açúcares solúveis totais

A quantificação de açúcares solúveis totais foi feita de acordo com Dubois et al. (1956). Para isso adicionou-se 250 µL do extrato alcoólico, 250 µL de fenol 5% e 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado em um tubo de ensaio com rosca. Após, seguiu-se a agitação do tubo e permanência em banho-maria a 30°C, por 20 min. Posteriormente foram feitas as leituras no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 490 nm. Os resultados foram comparados com a curva padrão de sacarose a 1% e expressos em % açúcares solúveis totais.

2.2.11.3. Quantificação de açúcares redutores e não redutores

A quantificação de açúcares redutores foi determinada pelo método descrito por Somogy-Nelson (Nelson, 1944). Foram adicionados em um tubo de ensaio com rosca 200 µL do extrato alcoólico e 200 µL do reagente 4 de Nelson. Em seguida, os tubos foram agitados, fervidos por 15 min e, então, resfriados em banho de gelo. Posteriormente adicionou-se 200 µL do reagente 5 de Nelson e 600 µL de água desionizada, agitando-se novamente os tubos. Realizaram-se leituras no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 540 nm, sendo comparadas com curva padrão de glicose a 1%.

O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre o teor de açúcares solúveis totais e o teor de açúcares redutores. Os teores de açúcares redutores e não redutores foram expressos em % de açúcares redutores e % de açúcares não redutores, respectivamente.

2.2.11.4. Quantificação de amido

Para a quantificação de amido seguiu-se o método descrito por McCready et al. (1950). A partir do resíduo obtido da extração de açúcares totais, foram adicionados ao material seco 2,5 mL de água desionizada e 3,5 mL de ácido perclórico 52%, em tubos de centrífuga. Os tubos, após agitação, permaneceram em repouso por 30 min. Em seguida, realizou-se centrifugação a 2000 g, por 15 min, e o sobrenadante foi recolhido em provetas de 25 mL. Após repetir 3 vezes esse procedimento completou-se o volume das provetas para 25 mL com água desionizada. A quantificação de amido foi feita da mesma maneira que a quantificação de açúcares solúveis totais, de acordo com Dubois et al. (1956), sendo expressa em % amido.

2.2.12. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, sendo a escolha do modelo realizada de acordo com o coeficiente de determinação e com o fenômeno biológico. Para o componente a^* e o ângulo Hue realizou-se estatística descritiva dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de crescimento determinados em frutos de jiló descrevem um padrão de crescimento do tipo sigmoide simples. O ponto crítico mínimo do comprimento ocorreu aos 11,31 dias e o ponto crítico máximo ocorreu aos 24,39 dias após a abertura floral, demonstrando ser esse o intervalo de maior ganho nos valores de comprimento dos frutos (Figura 3A). Aos 24,39 dias, os frutos apresentaram o valor observado de 75,52 mm de comprimento, passando a estabilizar a partir desse dia. A taxa de crescimento máxima observada ocorre aos 19 dias, com aumento diário de 7,21 mm.

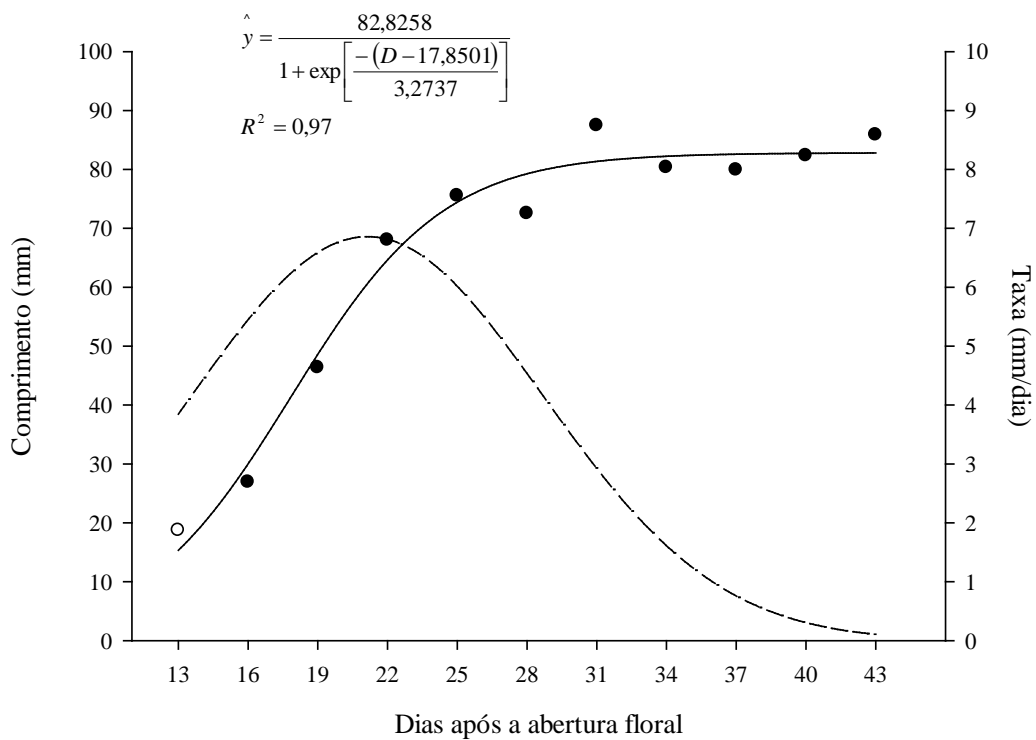


Figura 3. Valores observados e estimados do comprimento, em mm, durante o desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). A linha tracejada indica a taxa de aumento por dia (mm/dia).

Incrementos expressivos nos valores de largura dos frutos ocorrem a partir do dia 5,78 até os 30,22 dias após a abertura floral, sendo esses os valores dos pontos críticos mínimo e máximo da largura (Figura 4). A taxa de crescimento máxima apresenta ganhos diários observados de 2,94 mm. Não existe uma fase inicial de crescimento lento, demonstrando que o período avaliado não foi suficiente para a determinação do comportamento do crescimento inicial do fruto.

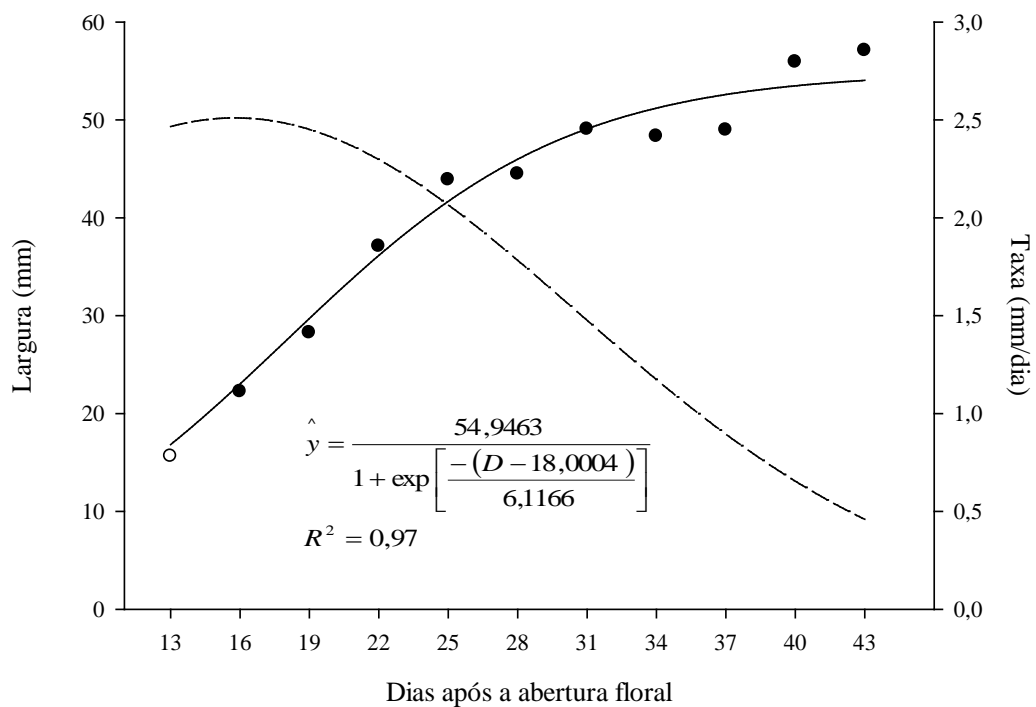


Figura 4. Valores observados e estimados da largura, em mm, durante o desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). A linha tracejada indica a taxa de aumento por dia (mm/dia).

O ponto crítico mínimo do volume ocorre aos 16,2 dias, indicando início da fase de maiores ganhos no volume dos frutos (Figura 5). A taxa de crescimento máxima ocorre aos 28 dias após a abertura floral, com ganhos observados de 17,33 mililitros por dia. O ponto crítico máximo do volume ocorre aos 36,32 dias, indicando a estabilização do volume dos frutos.

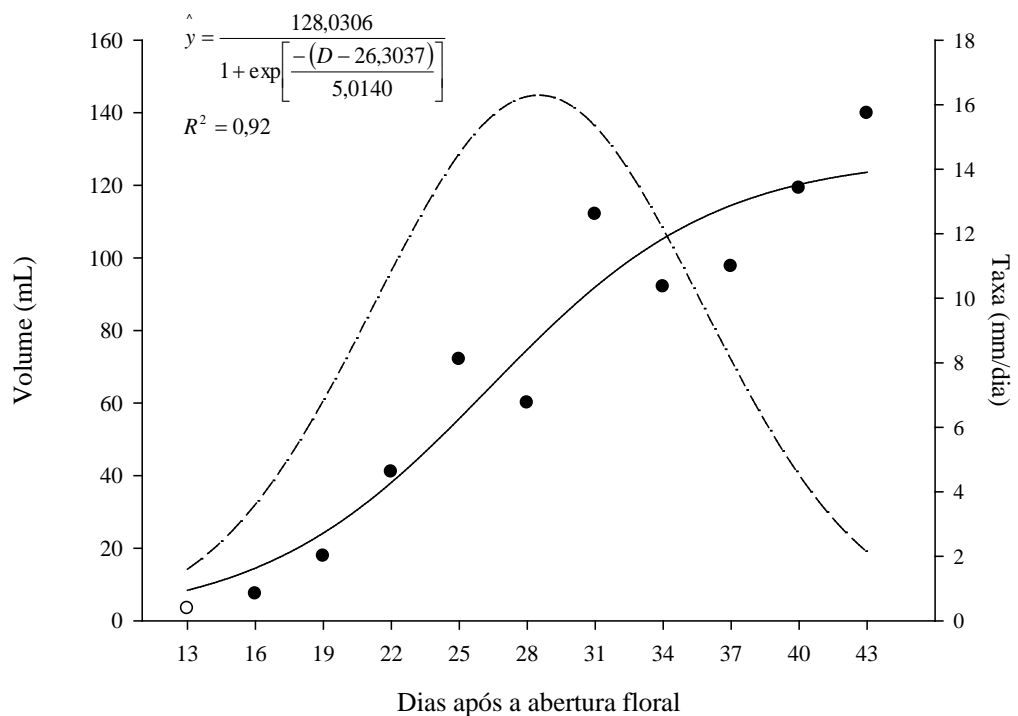


Figura 5. Valores observados e estimados do volume, em mL, durante o desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). A linha tracejada indica a taxa de aumento por dia (mm/dia).

A fase de aumentos expressivos na massa de matéria fresca dos frutos está entre os dias 15,82 e 37,34 (Figura 6A), ocorrendo ganhos máximos observados de 7,04 gramas por dia. Elevações na massa de matéria seca ocorrem a partir dos 16,63 dias após a abertura floral, finalizando aos 42,35 dias, quando se estabiliza (Figura 6B). A máxima taxa de ganhos diários ocorre aos 28 dias, quando os frutos possuem aumentos observados de 1,07 gramas na massa de matéria seca por dia.

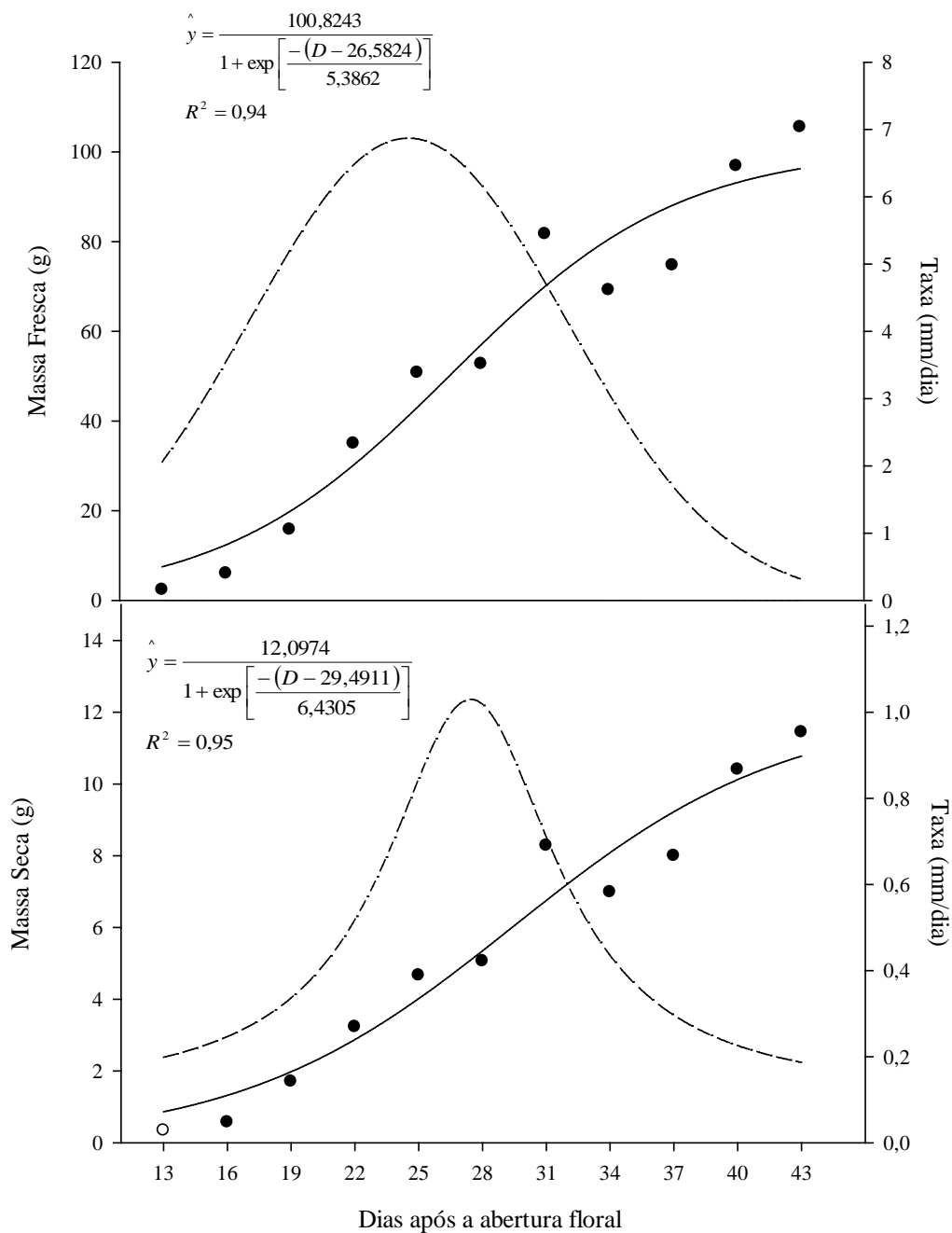


Figura 6. Valores observados e estimados da massa de matéria fresca (A) e da massa de matéria seca (B), em g, durante o desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). A linha tracejada indica a taxa de aumento por dia (mm/dia).

O crescimento de frutos é variável entre as espécies. Algumas apresentam grandes aumentos de tamanho ao longo do crescimento, enquanto outras não possuem muita variação em relação ao tamanho inicial. O período de rápido crescimento também é dependente da espécie. Frutos de pimentão apresentam padrão de crescimento do tipo sigmoide simples, com aumento no tamanho até a 9ª semana após a antese (Tadesse et al., 2002). Em outro trabalho, também com frutos de pimentão, houve maior taxa de aumento de massa de matéria fresca entre os 25 e 40 dias após a frutificação, ocorrendo o valor máximo aos 49 dias (Serrano et al., 2010).

Em frutos de jiló, o ponto máximo do comprimento ocorre antes dos pontos máximos dos demais parâmetros de crescimento avaliados. Assim, esses frutos adquirem primeiramente o comprimento final, resultando no formato da cultivar estudada. Entretanto, os frutos continuam a crescer em largura, volume, massa de matéria fresca e massa de matéria seca até o amadurecimento, tornando-se intumescidos e adquirindo o tamanho final. Assim como em jiló, frutos de banana também continuam o seu crescimento até o final do amadurecimento (Khenget et al., 2011). Como os frutos de jiló apresentam crescimento contínuo, mesmo que em menores taxas, até o amadurecimento, sugere-se que os parâmetros de crescimento não são bons indicativos do ponto de colheita desses frutos.

O crescimento de frutos é resultado da ação conjunta e coordenada dos processos de divisão celular e expansão celular. Em frutos de tomate crescidos a temperatura entre 20-25°C houve aumento do tamanho celular, porém houve diminuição nas divisões celulares, o que interferiu prejudicando o tamanho final do fruto (Bertin, 2005). Esse trabalho nos mostra que em tomate deve haver uma interação coordenada entre os processos de divisão e alongamento celular para o fruto atingir o seu tamanho final. Em geral, a fase inicial do crescimento é marcada por maiores taxas de divisões celulares e, durante a fase final, ocorre predomínio do alongamento celular. A importância desses processos no tamanho final do fruto varia entre as espécies (Crane, 1964).

As alterações na coloração da casca dos frutos são mostradas nas Figuras 7 e 8. Os valores observados do componente a^* aumentam 14,5 % entre o 31º e o 34º dia após a abertura floral (Figura 7A), no entanto, a cor vermelha de frutos maduros é adquirida após 40 dias, quando há uma brusca elevação do valor de a^* de -10,3 aos 37 dias para 26,4 aos 40 dias. O componente b^* apresenta comportamento crescente, demonstrando o surgimento da cor amarela dos frutos à medida que os mesmos

amadurecem (Figura 7B). Assim como o componente a*, a maior elevação dos valores de b* ocorre entre os dias 34 e 37 após a abertura floral.

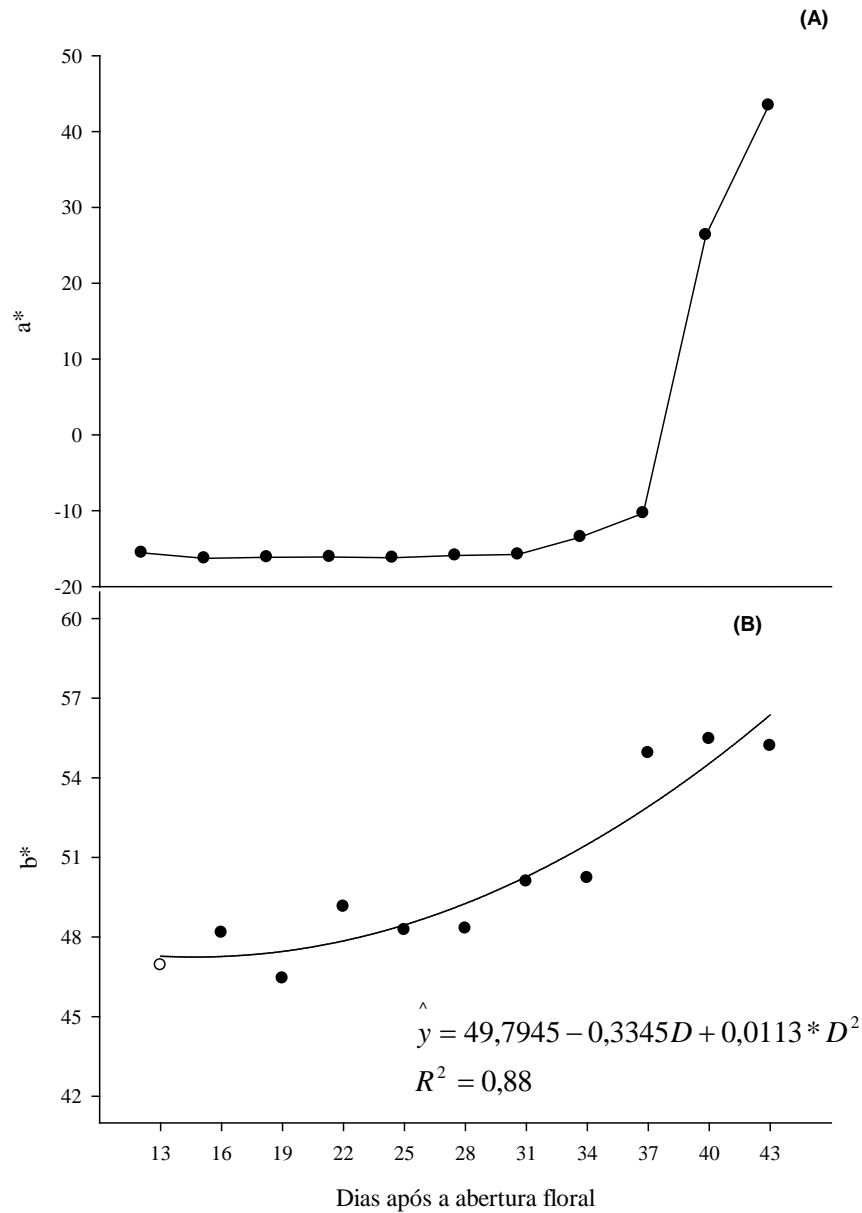


Figura 7. Variação dos componentes a* (A) e b* (B) ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). * Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste t.

De acordo com a Figura 8, tem-se que o valor máximo do componente L^* ocorre aos 28,24 dias após a abertura floral (Figura 8A), traduzindo o momento no qual os frutos possuem coloração mais clara. Analisando o componente L^* e o componente a^* em conjunto, tem-se que o momento em que L^* possui valores maiores antecede a fase na qual se inicia o aumento no valor de a^* . Ou seja, é o momento de transição em que o fruto está perdendo o tom verde mais escuro e tornando-se verde claro a amarelado, até adquirir a cor vermelha final.

Os valores observados do ângulo Hue dos frutos decrescem com o amadurecimento (Figura 8B). Inicialmente, o valor do ângulo Hue era de 108° , no entanto, após o 31º dia após a abertura floral as reduções no valor do ângulo Hue tornaram-se maiores, caracterizando o início da mudança de cor. A transição da cor verde para a amarela começa quando o valor observado do ângulo Hue diminui de $107,5^\circ$ no 31º para $105,2^\circ$ no 34º dia após a abertura floral. Entre o 37º e o 40º dia há uma drástica redução de 35,8 % no valor do ângulo, que decresce de $101,2^\circ$ para 65° . Esse ponto coincide com o momento no qual há maior incremento no valor de b^* , expressando um tom amarelo mais intenso, e quando a^* adquire valores positivos, traduzindo a coloração avermelhada dos frutos. Assim, o decréscimo no ângulo Hue corrobora com as mudanças ocorridas nos valores dos seus componentes a^* e b^* .

De acordo com os valores L^* , percebe-se que os frutos começam a reduzir a intensidade da cor verde no 28,24º dia. No entanto os frutos tornam-se amarelados e iniciam a alteração de cor mais brusca a partir do 31º dia após a abertura floral, de acordo com os valores de a^* e do ângulo Hue (Figuras 7A e 8B). A coloração avermelhada dos frutos maduros inicia-se a partir do 37º dia após a abertura floral, sendo que o fruto torna-se completamente vermelho aos 43 dias. Essas mudanças da cor dos frutos podem ser visualizadas na Figura 9.

Finalmente, o componente c^* possui tendência de aumento a partir dos 18,74 dias após a abertura floral, mostrando aumento na intensidade da cor, que passa a vermelha forte ao final do amadurecimento (figura 8C).

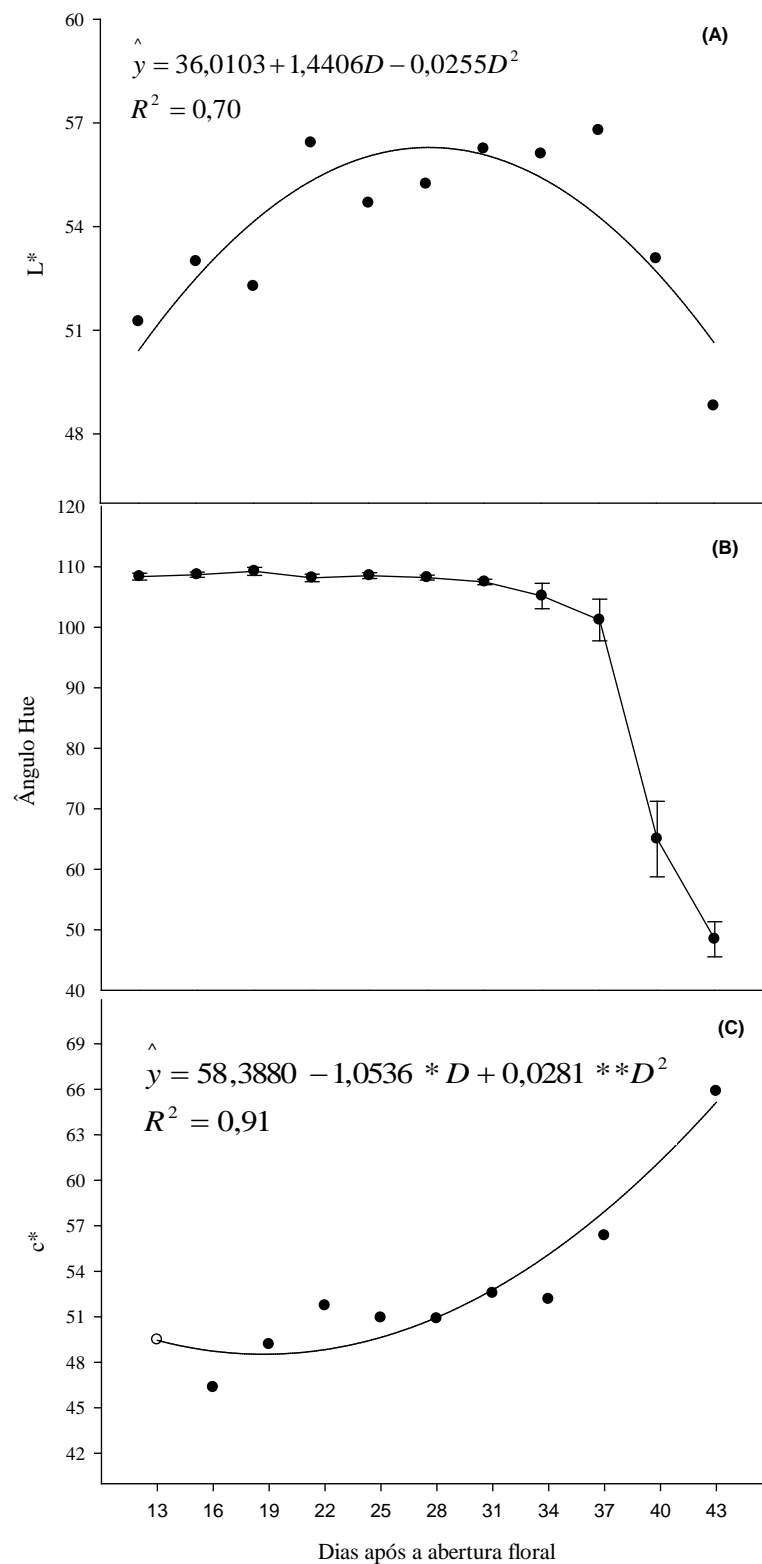


Figura 8. Variação dos componentes L* (A), ângulo Hue (B) e c* (C) ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). ** Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t. *Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste t.



13 Dias



16 Dias



19 Dias



22 Dias



25 Dias



28 Dias



31 Dias



34 Dias



37 Dias



40 Dias



43 Dias

Figura 9. Alteração da cor de frutos de jiló durante o seu crescimento e amadurecimento na planta, em dias após a abertura floral.

Apesar de haver crescimento dos frutos de jiló até o amadurecimento, o início das alterações de cor ocorre a partir do 28,24º dia após a abertura floral, ou seja, os frutos começam a mudar a cor enquanto ainda estão em crescimento. Comportamento semelhante ocorre em frutos de pimentão. De acordo com Serrano et al. (2010) a mudança de cor em pimentão começa aos 39 dias após a frutificação, 10 dias antes do fruto atingir o tamanho final, aos 49 dias.

Uma vez que frutos de jiló possuem valor comercial quando ainda verdes, a colheita deve ser realizada no momento em que os mesmos atingem tamanho aceito pelo consumidor, porém antes do início da mudança de cor. Assim, de acordo com os resultados das avaliações de crescimento e coloração, sugere-se que a colheita dos frutos seja realizada entre o 25º e o 28º dia após a abertura floral.

Os resultados obtidos pelos componentes da coloração, por meio do colorímetro, podem ser comprovados pelas concentrações de clorofila e carotenoides. Há decréscimo linear de 10 vezes na concentração de clorofila ao longo do crescimento e amadurecimento de jiló (Figura 10A). Avaliando a Figura 9 verifica-se, visualmente, que à medida que os frutos se desenvolvem adquirem cor verde mais clara, sendo a taxa de redução de clorofila de 0,0048 µg por dia de desenvolvimento do fruto (Figura 10A). Durante o desenvolvimento de frutos de pimentão há aumento na atividade de enzimas que degradam clorofila e redução da concentração de clorofila (Moser e Matile, 1997), assim como observado em jiló.

Inicialmente, os frutos de jiló possuem elevada concentração de carotenoides, que pode ser explicado pela menor massa de matéria fresca do fruto nessa fase (Figura 10B). À medida que há elevação da massa de matéria fresca, há redução relativa de carotenoides, que, posteriormente, aumenta ao final do crescimento dos frutos devido ao acúmulo do pigmento. A concentração de carotenoides aumenta em até 4 vezes a partir do 26,18º dia após a abertura floral. Dessa forma, o aumento nos valores L* a partir do 28,24º dia possivelmente é resultado da degradação de clorofila associada ao aumento da concentração de carotenoides, tornando os frutos com cor verde clara. Um súbito incremento na concentração de carotenoides de 36,33 para 48,28 µg g⁻¹ MF é verificado entre o 37º e o 40º dia após a abertura floral, coincidindo com o aumento nos valores de a*e b*, com a redução no ângulo Hue e com as alterações visuais da Figura 9.

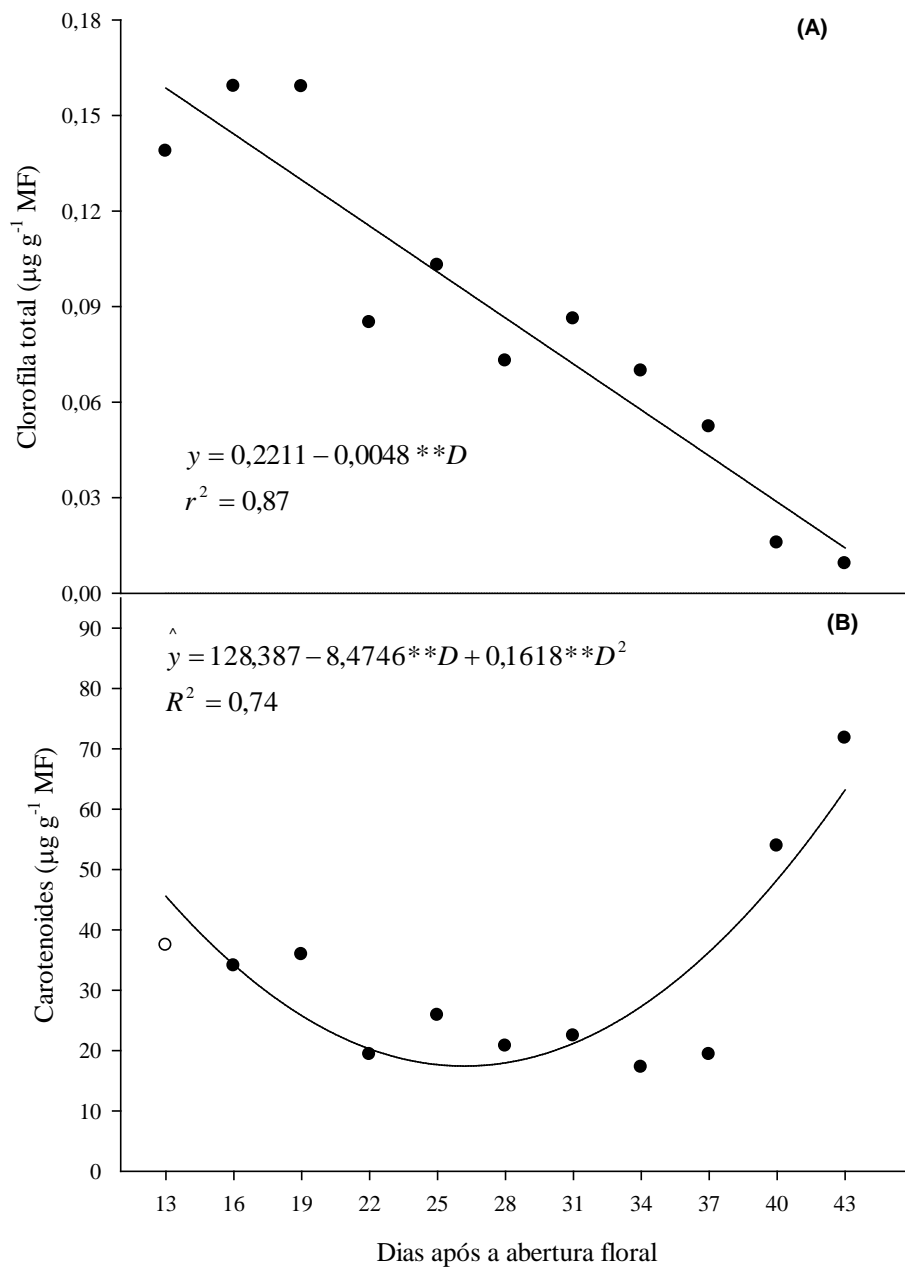


Figura 10. Variação na concentração de clorofila (A) e carotenoides (B), em $\mu\text{g g}^{-1}$ MF, ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). ** Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t.

De modo semelhante aos frutos de jiló, ao longo do desenvolvimento de frutos de tomate há alteração na coloração de verde para vermelho devido à redução da concentração de clorofila e aumento de carotenoides (Laiet al., 2007). A degradação de clorofila juntamente com a síntese e acúmulo de carotenoides são processos que estão envolvidos na diferenciação de cloroplastos em cromoplastos. Cromoplastos são os plastídeos que acumulam carotenoides e estão presentes em pétalas de flores e em frutos, nos quais atraem polinizadores (BartleyeScolnik, 1995) e animais que dispersam sementes.

Reduções em até 3,5 vezes foram verificadas na firmeza a partir do 20,12º dia após a abertura floral até o final do amadurecimento (Figura 11), no entanto, os maiores decréscimos, de aproximadamente 2,8 vezes, ocorrem a partir do 34º dia. Aos 43 dias após a abertura floral, os frutos de jiló encontram-se bastante macios, possuindo valor de firmeza de 14,63 N. Durante o amadurecimento, a pectina presente na parede celular é modificada pela ação de enzimas, resultando na perda de coesão entre as células, e conseqüentemente, no amaciamento de frutos maduros (Pirreloet al., 2009). Em frutos de tomate no estágio verde imaturo há aumento da atividade das enzimas que degradam a parede celular, ocasionando o amaciamento dos mesmos. As enzimas que participam da perda de firmeza em tomate são a enzima pectinametilesterase, que tem sua atividade estimulada em frutos no estágio verde imaturo, e a enzima poligalacturonase, que apresenta aumento de atividade em frutos no estágio verde maduro (Brummell e Harpster, 2001).

Assim, a firmeza pode ser considerada um bom indicador do ponto de colheita, uma vez que ocorrem maiores decréscimos nos seus valores a partir do 34º dia após a abertura floral. Com isso, a colheita de frutos de jiló deve ser realizada até o 31º dia após a abertura floral, com frutos apresentando valores de firmeza em torno de 41 N.

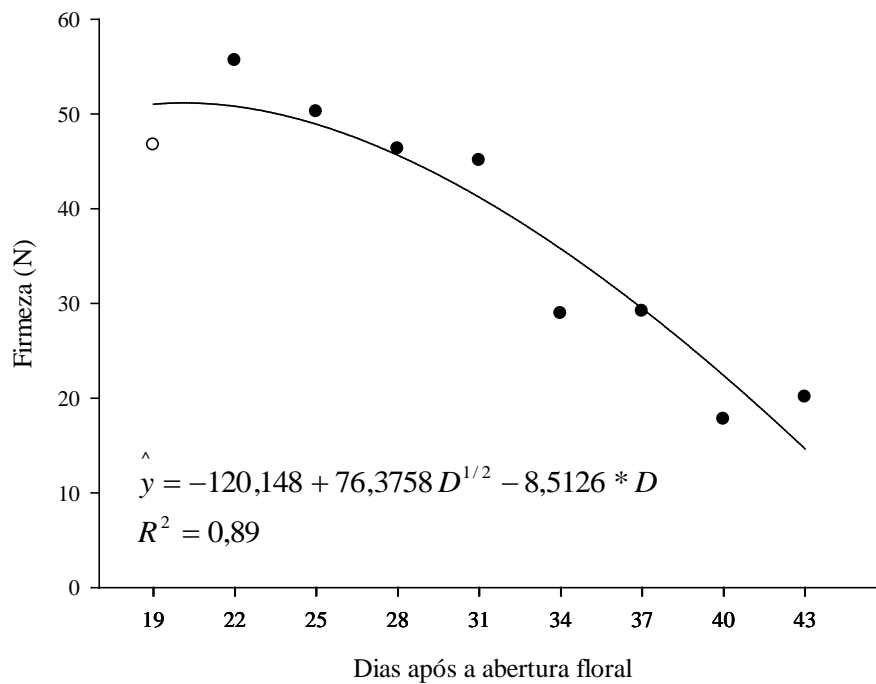


Figura 11. Variação da firmeza, em Newtons (N), ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). * Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste t.

A concentração de compostos fenólicos solúveis de frutos de jiló é alto no início do crescimento, decrescendo até o 30º dia após a abertura floral (Figura 12). Esse comportamento pode ser explicado pela variação na massa de matéria fresca, assim como ocorre para a concentração de carotenoides. No entanto, após o 30º dia após a abertura floral há aumento na concentração de fenóis nos frutos de jiló que pode ser resultado do início da deterioração do fruto. Nessa fase entra em ação o hormônio etileno, que estimula a atividade da enzima fenilalanina amônia liase (PAL), que é chave para a biossíntese de compostos fenólicos solúveis (Tomás-Barberán e Espin, 2001).

No entanto, a concentração de compostos fenólicos também pode estar associada à capacidade antioxidante dos frutos. De acordo com Tanet al. (2012) tanto a concentração de compostos fenólicos quanto a capacidade antioxidante aumentaram durante o amadurecimento de pimenta, cultivar Kulai, permitindo aos

autores concluir que a concentração de compostos fenólicos está intimamente ligada à capacidade antioxidante presente nesses frutos. Em outro trabalho com pimentas da espécie *Capsicum annuum* var. *acuminatum* L. a concentração de compostos fenólicos e da capacidade antioxidante são elevados nos frutos verdes, e reduzem à medida que amadurecem. De forma semelhante, os autores também comentam sobre a relação entre o conteúdo de fenóis e a capacidade antioxidante em frutos (Confortiet al., 2007). Assim, o aumento dos fenóis em jiló também pode estar associado ao aumento da capacidade antioxidante dos frutos, sendo conveniente avaliar essa característica em estudos futuros.

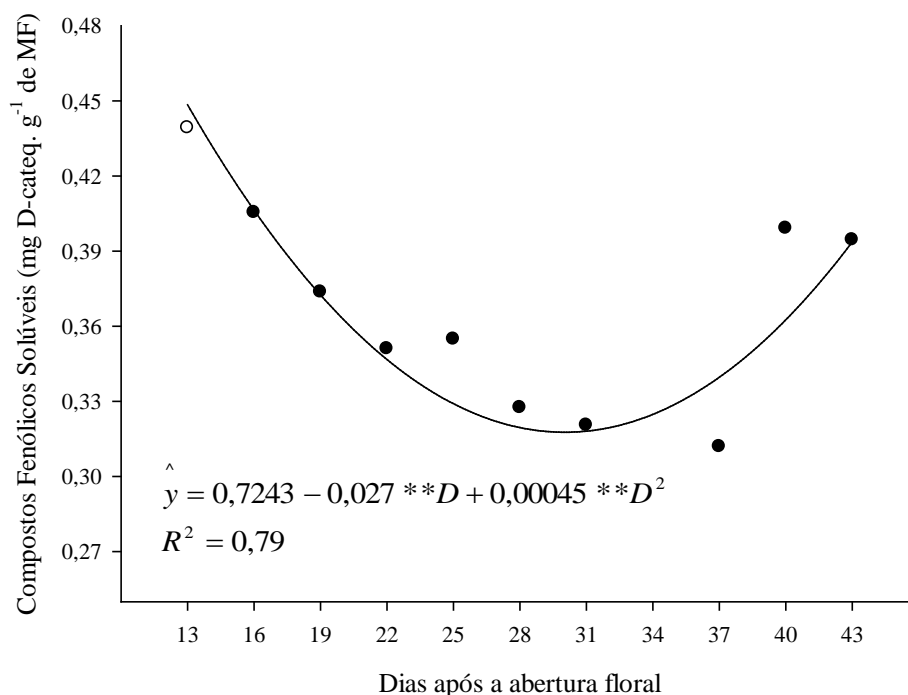


Figura 12. Variação da concentração de compostos fenólicos solúveis, em mgD-catequina g⁻¹ de MF, ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). ** Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t.

Os compostos fenólicos solúveis são responsáveis pelo escurecimento proveniente de dano mecânico e pelo amargor de algumas frutas e hortaliças, como alface, batata, maçã, pera, cenoura e produtos minimamente processados (Tomás-Barberán e Espin, 2001). Sendo assim, a presença desses compostos em frutos de jiló podem ser a causa do escurecimento causado pelo corte no momento do preparo culinário e pelo característico sabor amargo.

O processo de crescimento e amadurecimento de frutos de jiló resultou em decréscimo de até 2,12 vezes na acidez (Figura 13A), assim como ocorre em berinjela e tomate. De acordo com Esteban et al. (1992) durante o desenvolvimento de frutos de berinjela há decréscimo na acidez, que, juntamente com o teor de açúcares, contribui para o sabor do fruto. Em tomate “cherry” também há redução na acidez, possivelmente causada pela diminuição do ácido málico e ácido cítrico devido ao amadurecimento do fruto (Gautier et al., 2008).

Frutos de jiló possuem sabor amargo característico, não apresentando sabor adocicado comum em outros frutos. Assim, ao longo do seu desenvolvimento há diminuição de até 1,46 vezes nos valores de °brix (Figura 13B). De forma contrária ao resultado obtido com jiló, frutos de tomate da cultivar ‘Lemance F1’ apresentam aumento nos valores de °brix, sem demonstrarem grandes alterações na acidez (Helyes et al., 2006). Frutos de tomate são consumidos e apreciados pelo sabor levemente adocicado, o que pode justificar esse comportamento dos valores de °brix.

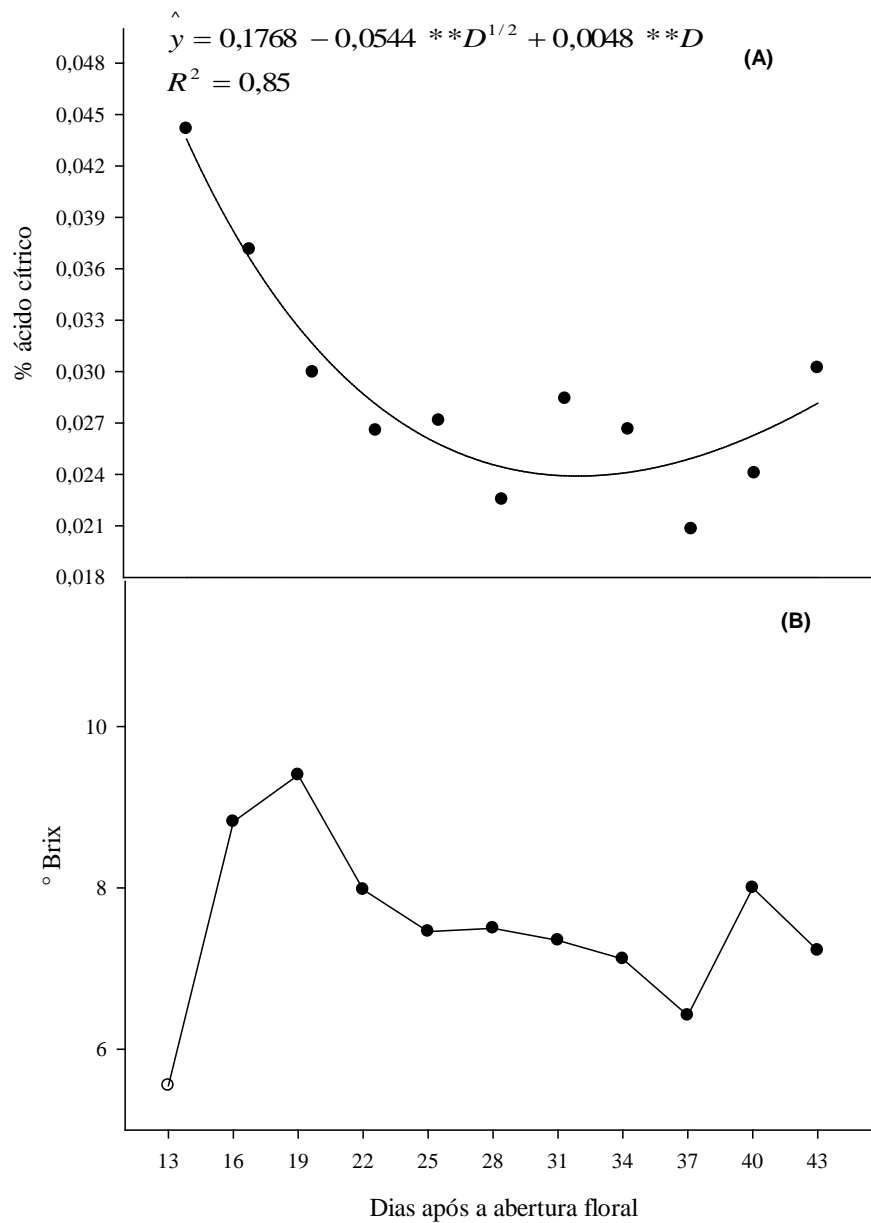


Figura 13. Variação na acidez (A), em % de ácido cítrico, e nos valores de sólidos solúveis totais (B), em °brix, ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). ** Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t.

Em relação ao teor e composição de açúcares em frutos de jiló, tem-se que o teor de açúcares solúveis totais aumenta com o desenvolvimento do fruto, atingindo o valor máximo aos 42,14 dias após a abertura floral (Figura 14A). Em jiló, os açúcares solúveis totais são principalmente constituídos pelos açúcares redutores, glicose e frutose. Os açúcares não redutores estão presentes em quantidades mínimas e não são influenciados pelo desenvolvimento dos frutos (Figura 15A). Assim como os açúcares totais, o teor de açúcares redutores aumenta à medida que o fruto se desenvolve, atingindo o valor máximo aos 30,43 dias após a abertura floral (Figura 15B). De acordo com Navarro et al. (2006) houve elevação da concentração de frutose e glicose durante o desenvolvimento de pimentão. Porém, ao contrário do que foi obtido em frutos de jiló, no pimentão há diminuição do teor de sacarose com o amadurecimento dos frutos.

Em tomates “cherry” da cultivar Cervil há aumento dos teores de sacarose, glicose e frutose à medida que os frutos amadurecem. Nesses frutos o teor de amido é elevado quando jovens, reduzindo à medida que amadurecem (Massot et al., 2010). Esse resultado difere do obtido em frutos de jiló, nos quais não houve alteração significativa no teor de amido ao longo do desenvolvimento (Figura 15B). De acordo com os resultados obtidos, em relação ao metabolismo dos carboidratos, pode-se sugerir que o crescimento e amadurecimento de frutos de jiló influenciam os teores dos açúcares totais e redutores, que podem estar contribuindo para o sabor final dos frutos de jiló.

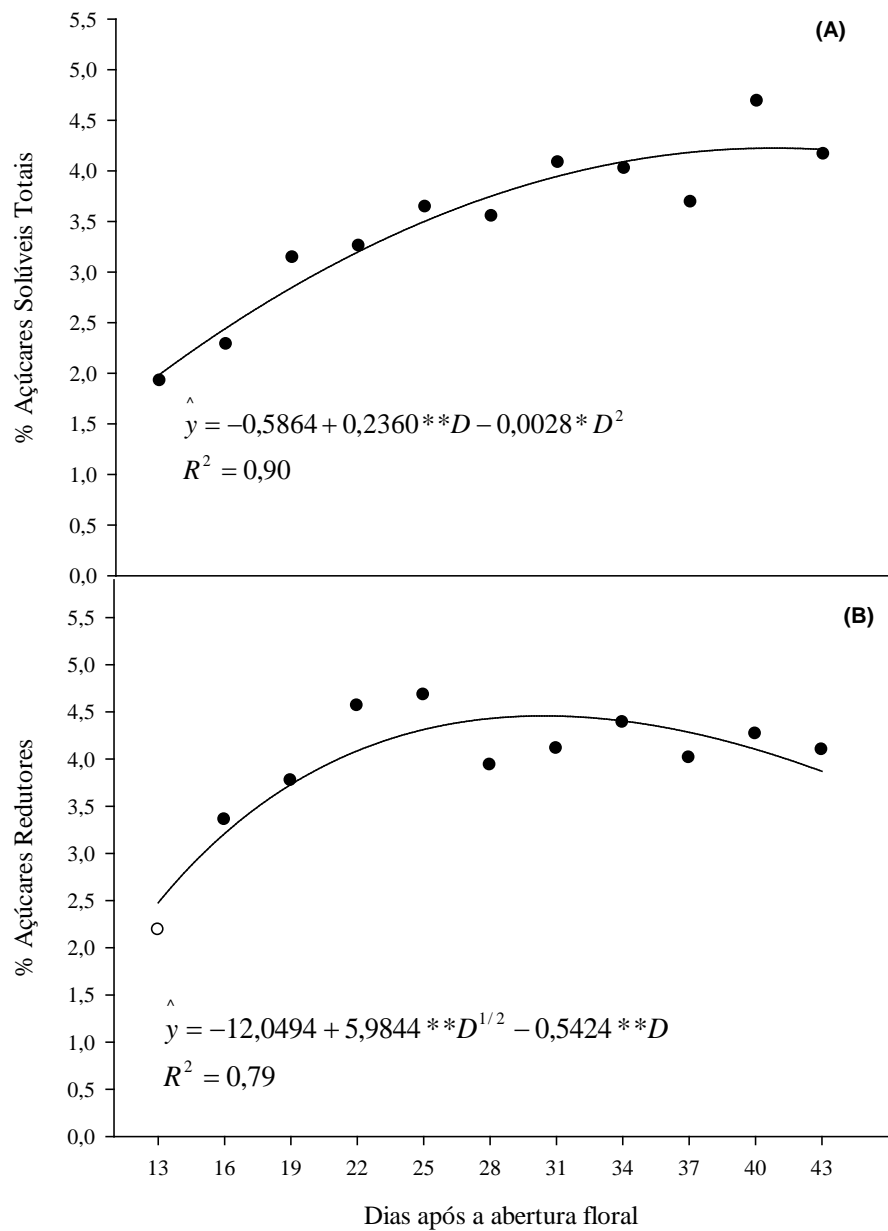


Figura 14. Variação no teor de açúcares solúveis totais (A) e açúcares redutores (B), em %, ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral (D). ** Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste t. *Significativo a 5 % de probabilidade, pelo teste t.

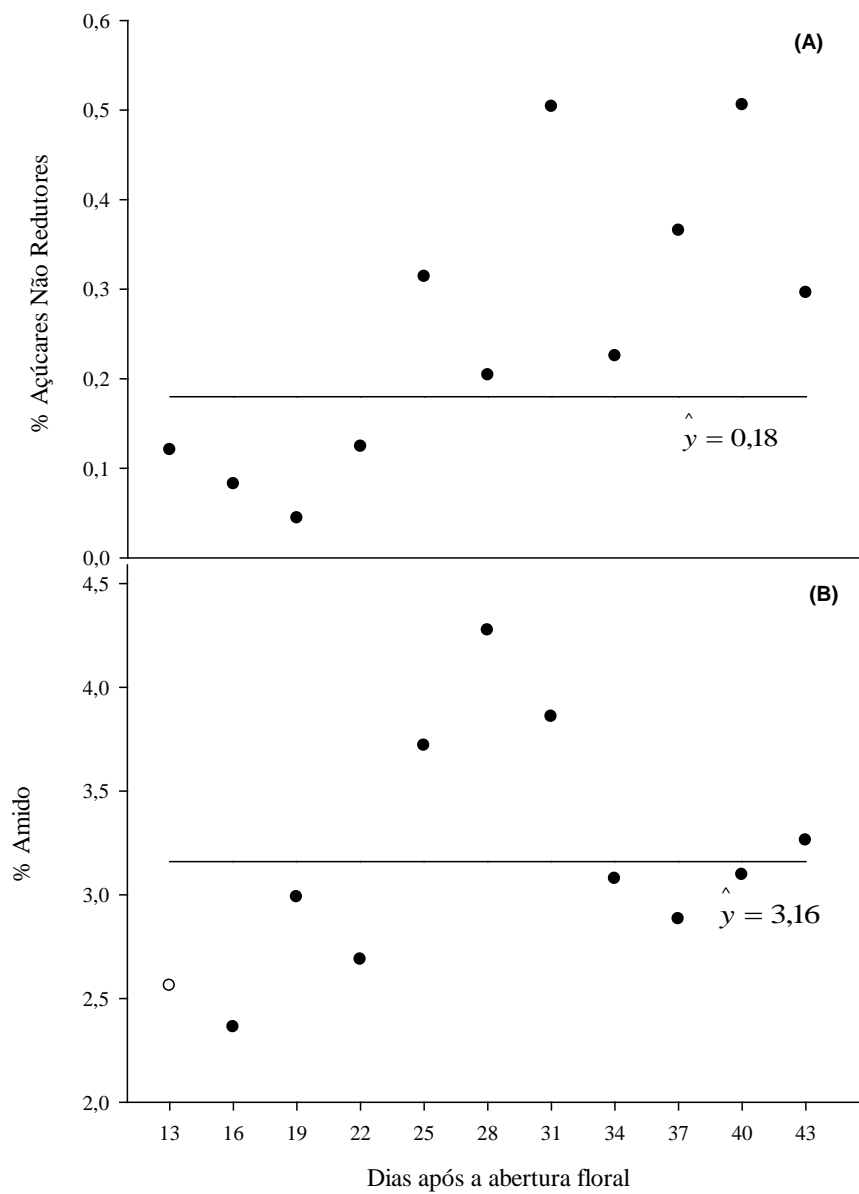


Figura 15. Variação no teor de açúcares não redutores (A) e amido (B), em %, ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em função de dias após a abertura floral.

4. CONCLUSÕES

1. Frutos de jiló inicialmente adquirem o formato característico da cultivar, sendo o tamanho final dos frutos resultado de contínuos aumentos na largura, volume, massa de matéria fresca e massa de matéria seca, que ocorrem até o amadurecimento.

2. Frutos de jiló iniciam as alterações de cor, que os tornarão sem valor comercial, no 28,24º dia após a abertura floral. Essas mudanças de coloração são acompanhadas por reduções na concentração de clorofila e aumento na concentração de carotenoides.

3. Durante o crescimento e amadurecimento dos frutos ocorrem reduções na firmeza e na acidez, e aumentos nos açúcares solúveis totais e redutores.

4. Como frutos de jiló são consumidos imaturos e ainda verdes, baseado nos resultados obtidos, a colheita dos frutos deve ser realizada entre o 25º e o 28º dia após a abertura floral, quando os frutos possuem valores de L*, a* e do ângulo Hue próximos a 55,0, -16,0 e 108,4º, respectivamente e valor de firmeza de 41N.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTLEY, G.E.; SCOLNIK, P.A. 1995. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction and human health. **The Plant Cell**, v.7, p.1027-1038.

BERTIN, N. 2005. Analysis of the tomato fruit growth response to temperature and plant fruit load in relation to cell division, cell expansion and DNA endoreduplication. **Annals of Botany**, v.95, p.439-447.

BRAMLEY, P.M. 2002. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.2107-2113.

BRUMMELL, D.A.; HARPSTER, M.H. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Molecular Biology**, v.47, p.311-340.

BRUNA, E.D. 2007. Curva de crescimento de frutos de pêsego em regiões subtropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, p.685-689.

CALBO, A.G. Jiló (*Solanum gilo* Raddi). Disponível: <http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/jilo.htm>. Acesso em 03 de janeiro de 2013.

CANO, C.B.; NAGATO, L.A.F.; MELLO, M.R.P.A.; DURAN, M.C.; TAVARES, M. 2008. Conservas vegetais, frutas e produtos de frutas. In: **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. ZENEBO, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. (Coord.). 4ª. ed. Versão eletrônica. São Paulo, p.571-591.

CONFORTI, F.; STATTI, G.A.; MENICHINI, F. 2007. Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. **Food Chemistry**, v.102, p.1096-1104.

COOMBE, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, v.27, p.507-528.

CRANE, J.C. 1964. Growth substances in fruit setting and development. **Annual Review of Plant Physiology**, v.15, p.303-326.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-365.

ESTEBAN, R.M.; MOLLÁ, E.M.; ROBREDO, L.M.; LÓPEZ-ANDRÉU, F.J. 1992. Changes in the chemical composition of eggplant fruits during development and ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p.998-1000.

FILGUEIRA, F.A.R. 2003. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª Ed, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 412p.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. 1991. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.675-703.

FRASER, P.D.; TRUESDALE, C.R.B.; SCHUCH, W.; BRAMLEY, P.M. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. **Plant Physiology**, v.105, p.405-413.

GAUTIER, H.; DIAKOU-VERDIN, V.; BÉRNARD, C.; REICH, M.; BURET, M.; BOURGAUD, F.; POESSEL, J.L.; CARIS-VEYRAT, C.; GÉRNARD, M. 2008. How does tomato quality (sugar, acid and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature and irradiance? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.1241-1250.

GIOVANNONI, J.J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**, v.16, p.S-170-S180.

HELYES, L.; PÉK, Z.; LUGASI, A. 2006. Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. **HortScience**, v.41, n.6, p.1400-1401.

HORNERO-MÉNDEZ, D.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I. 2000. Xanthophyll esterification accompanying carotenoid overaccumulation in chromoplast of *Capsicum annuum* ripening fruits is a constitutive process and useful for ripeness index. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.1617-1622.

INSKEEP, W.P.; BLOOM, P.R. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in N,N-dimethylformamide and 80% acetone. **Plant Physiology**, v.77, p.483-485.

KENNEDY, J.A.; MATTHEWS, M.A.; WATERHOUSE, A.L. 2000. Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. **Phytochemistry**, v.55, p.77-85.

KHENG, T.Y.; DING, P.; RAHMAN, N.A.A. 2011. Physical and cellular structure changes of Rastali banana (*Musa AAB*) during growth and development. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.382-389.

LAI, A.; SANTANGELO, E.; SORESSI, G.P.; FANTONI, R. 2007. Analysis of the main secondary metabolites produced in tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) epicarp tissue during fruit ripening using fluorescence techniques. **Postharvest Biology and Technology**, v.43, p.335-342.

MASSOT, C.; GÉNARD, M.; STEVENS, R.; GAUTIER, H. 2010. Fluctuations in sugar content are not determinant in explaining variations in vitamin C in tomato fruit. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p.751-757.

McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVIERA, V.; OWENS, H.S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, p.1156-1158.

McGUIRE, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v.27, p.1254-1255.

MENICHINI, F.; TUNDIS, R.; BONESI, M.; LOIZZO, M.R.; CONFORTI, F.; STATTI, G.; CINDIO, B.D.; HOUGHTON, P.J.; MENICHINI, F. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. Cv. Habanero. **Food Chemistry**, v.114, p.553-560.

MOSER, D.; MATILE, P. 1997. Chlorophyll breakdown in ripening fruits of *Capsicum annuum*. **Journal of Plant Physiology**, v.150, p.759-761.

MOURA, M.L.; FOGAÇA, C.M.; MOURA, M.A.de.; GALVÃO, H.L.; FINGER, F.L. 2004. Crescimento e desenvolvimento de frutos do tomateiro 'Santa Clara' e do seu mutante natural 'Firme'. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.1284-1290.

NAVARRO, J.F.; FLORES, P.; GARRIDO, C.; MARTINEZ, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. **Food Chemistry**, v.96, p.66-73.

NELSON, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-380.

PIRRELO, J.; REGAD, F.; LATCHÉ, A.; PECH, J-C.; BOUZAYEN, M. 2009. Regulation of tomato fruit ripening. **CAB Reviews**, v.4, p.1-14.

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

PRINCE, M.L.; BUTLER, L.G. 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.25, p.1268-1273.

RODRIGEZ-AMAYA, D.B. 1989. Critical review of provitamin A: determination in plant foods. **Journal of Micronutrients Analysis**, v.5, p.191-225.

SERRANO, M.; ZAPATA, P.J.; CASTILLO, S.; GUILLÉN, F.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D. 2010. Antioxidant and nutritive constituents during sweet pepper development and ripening are enhanced by nitrophenolate treatments. **Food Chemistry**, v.118, p.497-503.

SETHU, K.M.P.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN, R.N. 1996. Post-harvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in *Capsicum annuum* fruits. **Phytochemistry**, v.42, p.961-966.

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

TAN, C.K.; ALI, Z.M.; ZAINAL, Z. 2012. Changes in ethylene production, carbohydrase activity and antioxidant status in pepper fruits during ripening. **Scientia Horticulturae**, v.142, p.23-31.

TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; ESPÍN, J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.853-876.

CAPÍTULO 2- EFEITO DO ETILENO NO AMADURECIMENTO DE FRUTOS DE JILÓ: COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO E SENSIBILIDADE AO HORMÔNIO

RESUMO

Frutos são classificados em climatéricos e não-climatéricos de acordo com o comportamento da respiração e da produção de etileno durante o amadurecimento. Frutos climatéricos apresentam aumento brusco na taxa respiratória e na produção de etileno no início do amadurecimento. Em frutos não-climatéricos esse comportamento não é observado. Somente frutos climatéricos são capazes de produzir etileno autocatalítico em resposta à aplicação de etileno. No entanto, independente da classificação, os frutos têm diferentes níveis de sensibilidade ao etileno. Objetivou-se com esse trabalho determinar o comportamento climatérico e o nível de sensibilidade ao etileno de frutos de jiló. Para isso, flores de plantas de jiló foram marcadas no momento de sua abertura e os frutos foram colhidos a cada 3 dias, a partir do 13° até o 43° dia após a abertura floral. Determinou-se a produção de etileno e de CO₂ e os componentes da cor L*, a* e ângulo Hue nesses frutos. Em um segundo experimento para verificar a presença do etileno autocatalítico, frutos colhidos no estágio verde maduro foram mantidos em baldes hermeticamente fechados, que continham ar ou 100 µL L⁻¹ de etileno, durante 24 horas. Após esse período, a cada 2 dias, quantificou-se a produção de etileno e CO₂, a perda de massa de matéria fresca e os componentes da cor L*, a* e ângulo Hue. A sensibilidade dos frutos foi testada em 5 concentrações de etileno: 0,1; 1; 10; 100 e 1000 µL L⁻¹. Os frutos tratados com as diferentes concentrações de etileno foram avaliados quanto à perda de massa de matéria fresca, os componentes da cor L*, a* e ângulo Hue, o teor de clorofila e o teor de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido. Ao longo do desenvolvimento de frutos houve aumento na respiração e na produção de etileno, com pico na síntese de etileno no 34° dia após a abertura floral. Juntamente com a elevação na síntese de etileno, aos 34 dias após a abertura floral dá-se início às mudanças de cor dos frutos. A aplicação de etileno resultou na síntese de etileno autocatalítico pelos frutos, adiantando o pico do hormônio nos frutos tratados. Esses resultados permitem concluir que frutos de jiló são climatéricos. Além disso, nesse experimento também houve mudança da cor nos

frutos juntamente com o aumento da produção de etileno. Todas as concentrações de etileno testadas reduziram o tempo de armazenamento de frutos de jiló para 3 dias, considerando o teor de clorofila. As alterações de cor foram antecipadas pela aplicação de etileno, iniciando no 2º dia de armazenamento quando os frutos foram tratados com $1000\mu\text{L L}^{-1}$. Em contrapartida, o etileno não influenciou os teores de açúcares e amido.

Palavras-chave: *Solanum gilo*, respiração, cor, clorofila, climatérico, sensibilidade.

1. INTRODUÇÃO

Os frutos podem ser classificados em climatéricos e não-climatéricos de acordo com o aumento da produção de etileno associado à elevação na taxa respiratória no início do processo de amadurecimento (Barry e Giovannoni, 2007). Frutos climatéricos, como maçã, banana e pêsego, apresentam aumento da produção de etileno pela ativação da transcrição de genes das enzimas-chave de sua síntese no início do amadurecimento. Em frutos não-climatéricos, a exemplo da uva e morango, não há indução à expressão dessas enzimas durante o amadurecimento e, portanto, não ocorre aumento na produção do hormônio (Yamaneet al., 2007).

O pico na produção de etileno associado ao aumento na respiração em frutos climatéricos, no início do amadurecimento, controla as alterações de cor, aroma, sabor, textura e outros atributos bioquímicos e fisiológicos. Entretanto, em frutos não-climatéricos, o amadurecimento parece ser independente da produção e ação do etileno e pouco se sabe sobre os mecanismos que regulam as alterações químicas nesses frutos (Lelièvre et al., 1997).

Em pesquisas com dois genótipos de melão apresentando diferentes comportamentos climatéricos, tem-se que nos frutos referentes ao genótipo climatérico ocorre aumento na produção de etileno ao longo do amadurecimento. De forma contrária, durante o amadurecimento dos frutos não-climatéricos, não ocorrem grandes alterações na produção de etileno (Périnet al., 2002). Em frutos não-climatéricos há elevada produção do hormônio em consequência a estímulos externos como dano físico e injúria por frio, entretanto, eles são incapazes de produzir o etileno que está associado às mudanças relacionadas ao amadurecimento (Yamaneet al., 2007).

A aplicação de etileno em frutos climatéricos estimula a síntese de etileno pelo próprio fruto, que é o chamado etileno autocatalítico. Em frutos não-climatéricos esse comportamento é inexistente. No trabalho de Périnet al. (2002), com frutos de melão, a aplicação do análogo de etileno, o propileno, não estimulou a síntese de etileno autocatalítico pelos frutos, comprovando o seu genótipo não-climatérico. Contudo, em tomate, um fruto climatérico, ocorre aumento e adiantamento da síntese de etileno em frutos tratados com propileno (McGlassonet al., 1975).

A síntese de etileno tem início com o intermediário S-adenosilmetionina (SAM), que é transformado em ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) pela ação da enzima sintase do ACC (ACS). O ACC é, então, convertido no hormônio etileno pela enzima oxidase do ACC (ACO) (Yang e Hoffman, 1984). Existem dois sistemas diferentes de produção do hormônio. O sistema 1 é caracterizado pela baixa produção de etileno e está presente durante a fase pré-climatérica de frutos climatéricos e durante todo o amadurecimento de frutos não-climatéricos. O sistema 2 é a chamada síntese autocatalítica de etileno, que é a produção de grande quantidade do hormônio, induzida pelo próprio etileno, e ocorre somente em frutos climatéricos (Bapat et al., 2010).

No entanto, tanto frutos climatéricos como não-climatéricos apresentam sensibilidade ao etileno externo, que é conferida pelos receptores do hormônio. Esses receptores estão presentes em todos os tecidos, e, portanto, todos os órgãos da planta são capazes de responder ao etileno (Barry e Giovannoni, 2007). Dessa maneira, frutos de banana tratados com propileno respondem ao tratamento antecipando a produção autocatalítica de etileno, a produção de CO₂ e a mudança de coloração da casca. Os autores concluem que algumas modificações químicas do amadurecimento dependem do funcionamento dos receptores do etileno, nas primeiras 24 horas do tratamento com propileno (Golding et al., 1998).

Em frutos não-climatéricos a resposta ao etileno parece ser dependente da concentração e do tempo de exposição ao hormônio. Em morangos, a aplicação de etileno promoveu o aumento na respiração, mudança na coloração e redução da firmeza dos frutos, sendo todas essas respostas dependentes da concentração e do tempo de exposição ao hormônio (Tian et al., 2000). Um conhecido tratamento pós-colheita que depende da sensibilidade do fruto ao etileno é o desverdecimento, usado comercialmente em citros. Esse tratamento consiste na aplicação de etileno nos frutos com polpa madura, visando a alteração da cor da casca de verde para amarelo. As maiores reduções da cor verde são verificadas nos frutos que permanecem expostos ao etileno por um período maior (Sdiriet et al., 2012).

Frutos de jiló são apreciados pelo sabor amargo e o consumidor tem preferência por aqueles que possuem coloração da casca verde intensa. Com isso, a colheita dos frutos deve ser iniciada antes da alteração de cor, quando ainda possuem a cor verde forte (Calbo, 2013). Entretanto, um problema enfrentado pelos produtores, atacadistas e varejistas é o amarelecimento precoce dos frutos. Esse

amarelecimento reduz a qualidade do produto, uma vez que consumidores rejeitam os frutos que apresentam alteração da cor verde característica da cultivar.

Muito pouco se conhece sobre a pós-colheita de jiló, sabe-se, entretanto, que os frutos são sensíveis à baixa temperatura, desidratação e ao etilenoliberado por outros frutos, como maçã e maracujá (Calbo, 2013). Estudos recentes mostram que o armazenamento de frutos a 5°C com filme de PVC e sachês de permanganato de potássio (absorvedor do etileno) ou sachês de 1-Metilciclopropeno (1-MCP, inibidor da ação do etileno) reduzem a degradação de clorofila, a perda de massa de matéria fresca e os sintomas de injúria por frio (Ferreira et al., 2012 ; Ferreira et al., 2011).

Para melhor compreender o comportamento pós-colheita de frutos de jiló é necessário conhecer características do fruto como o comportamento climatérico e a sensibilidade ao etileno. A família solanácea, à qual pertence o jiloeiro, possui frutos de comportamento climatérico, como o tomate (Andrews, 1995) e frutos de comportamento não-climatérico, como o pimentão (Pozueta-Romero et al., 1995).

Objetivou-se com esse trabalho determinar a ocorrência do comportamento climatérico em frutos de jiló e o nível de sensibilidade em resposta à aplicação de etileno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ESTUDO I: DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE JILÓ

No primeiro estudo foram conduzidos dois experimentos com frutos de jiló provenientes de plantas da cultivar Tinguá, cultivadas no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa, localizada a latitude de 20°45'14'' sul, longitude de 42°52'55' oeste e 650 m de altitude. O plantio foi realizado em novembro de 2011, sendo as plantas dispostas em 2 fileiras de aproximadamente 10 metros, no espaçamento de 0,50 metros entre fileiras e 0,80 metros entre plantas, totalizando 24 plantas. Durante a fase de florescimento, as flores foram identificadas, diariamente, com fitas de cores diferentes para determinar a data da abertura floral. As marcações foram realizadas entre os dias 15 de março de 2012 a 12 de abril de 2012. Os dados climáticos coletados diariamente de temperatura e brilho solar estão demonstrados na Figura 1 e a média da umidade relativa no período foi de 83,4%.

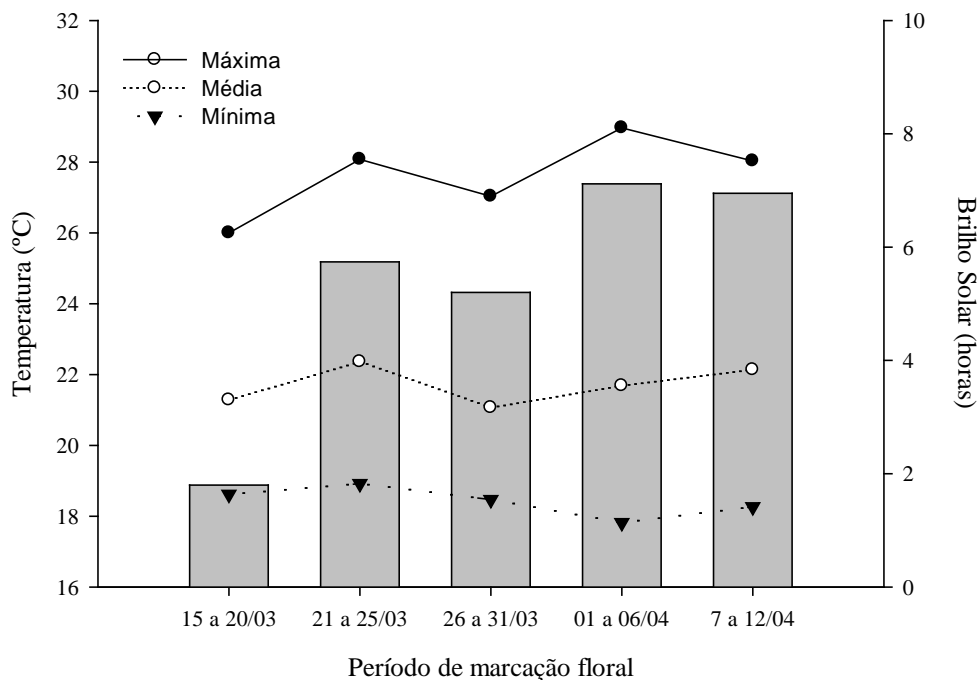


Figura 1. Médias das temperaturas máxima, mínima e média e brilho solar durante o período de marcação das flores de jiló.

2.1.1. Experimento 1: Evolução de etileno e CO₂ durante o desenvolvimento de frutos de jiló

A colheita dos frutos, para o 1º experimento, iniciou no 13º dia após a abertura floral e foi realizada a cada três dias, até o completo amadurecimento aos 43 dias após a abertura floral. Em seguida, os frutos foram levados para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa e pesados para obtenção da massa de matéria fresca. Em seguida, avaliou-se a coloração, usando colorímetro Color Reader CR-10, Minolta, determinando os componentes L*, a* e o ângulo Hue. O L* refere-se ao grau de brilho da amostra, variando de claro (valores próximos a 100) a escuro (valores próximos a 0). O a* varia de verde (valores negativos) a vermelho (valores positivos), e o ângulo Hue demonstra a alteração da cor verde (180º) para vermelha (0º) (McGuire, 1992).

Posteriormente, os frutos foram colocados, individualmente, em frascos hermeticamente fechados para acúmulo de ar necessário à análise da produção de etileno e CO₂. Foram utilizados frascos com volume de 168 mL para os frutos com 13 e 16 dias após a abertura floral e de 345 mL para os frutos pertencentes aos demais dias avaliados. Todos os frascos continham hidróxido de sódio para evitar a interferência do CO₂ na produção de etileno. A amostra do ar contido dentro dos frascos foi retirada após 2 horas de acúmulo para a análise de CO₂ e após 24 horas para a análise de etileno usando uma seringa de 1 mL. O conteúdo da seringa foi injetado no cromatógrafo gasoso modelo CG-14B (Shimadzu Crop Kyoto Japan), com coluna empacotada Porapak-Q e detector de ionização de chama para análise de etileno e detector de condutividade térmica para análise de CO₂.

2.1.2. Experimento 2: Determinação do comportamento climático em frutos de jiló tratados com etileno

Para esse experimento os frutos foram colhidos aos 31 dias após a abertura floral, no estágio verde maduro, baseado na coloração e em testes preliminares realizados no Laboratório de Pós-Colheita. Após a colheita, 10 frutos foram colocados em baldes hermeticamente fechados de 18 litros, nos quais os tratamentos foram aplicados. Os frutos pertencentes ao tratamento controle permaneceram nos baldes que continham atmosfera normal, durante 24 horas. Já os frutos tratados com

etileno, ficaram em baldes nos quais foram adicionados $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, na forma de gás, também durante 24 horas. Ao longo do período de aplicação dos tratamentos realizou-se a homogeneização do ar contido dentro dos baldes, bombeando-o, periodicamente, com uma seringa de 50 mL. Seguida às 24 horas, os frutos foram retirados dos baldes e colocados em frascos de 345 mL, sendo 1 fruto por frasco. As amostras para análise de CO_2 e etileno, do dia 0 de avaliação, foram retiradas após 2 e 24 horas de acúmulo de ar nos frascos, respectivamente. Assim como no experimento anterior foram colocados hidróxido de sódio para evitar a interferência do CO_2 na produção de etileno e as amostras foram retiradas e analisadas no cromatógrafo a gás citado anteriormente. Após retirar a amostra para análise de etileno, os frutos foram avaliados quanto à massa de matéria fresca, para determinação da perda de massa de matéria fresca, e quanto à coloração. Para permitir a troca de gases, os frascos ficaram abertos por um período de 24 horas, e, em seguida, foram novamente fechados para acúmulo de etileno e CO_2 . As amostras para análise de etileno e CO_2 , juntamente com a avaliação da massa de matéria fresca e coloração, foram realizadas a cada 2 dias, sempre respeitando o tempo de 24 horas para troca de gases.

2.1.3. Análise estatística

No experimento 1 utilizou-se cinco repetições, sendo os dados submetidos à análise descritiva. O experimento 2 foi instalado no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas a presença ou não de $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno e nas subparcelas os dias de avaliação, no delineamento inteiramente casualizado, com sete repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística descritiva.

2.2. ESTUDO II: SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE JILÓ AO ETILENO

Nesse experimento foram utilizados frutos de jiló colhidos no ponto comercial, com coloração verde e comprimento de aproximadamente 7 cm, provenientes das mesmas plantas usadas nos experimentos anteriores. Os frutos foram levados ao Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa e selecionados quanto à ausência de defeitos e danos mecânicos.

Para avaliar a sensibilidade dos frutos ao etileno, aproximadamente 30 frutos foram imersos, durante 20 minutos, em baldes de 18 litros que continham ethrel diluído em água, resultando nas diferentes concentrações de etileno: 0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Os frutos pertencentes ao tratamento controle permaneceram na mesma condição que os demais, no entanto, em balde que continha apenas água, sem a adição de ethrel. Em seguida, os frutos foram armazenados em bandejas abertas até completa redução da qualidade pós-colheita, sob condições de temperatura e umidade relativa médias de 24°C e 58,5%, respectivamente. Os frutos foram analisados diariamente quanto à perda de massa de matéria fresca, cor, clorofila, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido, conforme descrito a seguir:

2.2.1. Perda de massa de matéria fresca

A massa de matéria fresca de cinco frutos pré-selecionados foi determinada em balança analítica, sendo a perda de massa estimada em relação à massa inicial dos frutos e expressa em % de perda de massa de matéria fresca.

2.2.2. Cor

A coloração dos frutos foi determinada em dois pontos opostos na parte mediana da casca do fruto, usando ocolorímetro modelo Color Reader CR-10, Minolta. Na avaliação foram determinados os valores dos componentes L^* , a^* e o ângulo Hue. O L^* refere-se ao grau de brilho da amostra, variando de claro (valores próximos a 100) a escuro (valores próximos a 0). O a^* varia de verde (valores negativos) a vermelho (valores positivos) e o ângulo Hue refere-se à alteração da cor verde (180°) para vermelha (0°) (McGuire, 1992).

2.2.3. Clorofila

Para a análise de clorofila retirou-se 4 discos da casca do fruto, com 3 mm de espessura e 11 mm de diâmetro. Esses foram pesados e colocados em tubos contendo 10 mL de N,N-Dimetilformamida, sob refrigeração a 4°C, no escuro. Após 10 dias, procedeu-se à filtragem do solvente e à leitura da absorbância nos comprimentos de

onda 647 e 664,5 nm, usando o espectrofotômetro (Inskeep e Bloom, 1985). A concentração de clorofila foi expressa em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca.

2.2.4. Açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido

2.2.4.1. Extração

Cerca de 5 g da polpa do fruto foram trituradas em etanol 80% e centrifugadas, para posterior coleta do sobrenadante. Esse procedimento foi repetido 3 vezes, e, ao final, completou-se o volume do extrato alcoólico para 50 mL. Esse extrato alcoólico foi usado para as análises de açúcares solúveis totais e açúcares redutores. O precipitado resultante das centrifugações foi seco em estufa a 65°C por 24 horas, permanecendo em dessecadores para posterior quantificação de amido (McCready et al., 1950).

2.2.4.2. Quantificação de açúcares solúveis totais

Para a quantificação de açúcares solúveis totais foram pipetados 250 μL do extrato alcoólico, 250 μL de fenol (5%) e 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado em um tubo de ensaio com rosca. Em seguida os tubos foram agitados e permaneceram em banho-maria a 30°C, por 20 min para posterior leitura no espectrofotômetro. O comprimento de onda usado nas leituras foi de 490 nm e os resultados foram comparados com a curva padrão de sacarose a 1%, sendo expressos em % açúcares solúveis totais (Dubois et al., 1956).

2.2.4.3. Quantificação de açúcares redutores e não redutores

A quantificação de açúcares redutores foi determinada pelo método descrito por Somogy-Nelson (Nelson, 1944). Adicionou-se a um tubo de ensaio com rosca 200 μL do extrato alcoólico e 200 μL do reagente de Nelson⁴. Após agitação dos tubos, fervura por 15 minutos e resfriamento em banho de gelo, adicionou-se 200 μL do reagente 5 de Nelson e 600 μL de água desionizada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, após a agitação dos tubos. O comprimento de onda usado nas leituras foi de 540 nm e os resultados foram comparados com a curva padrão de glicose a 1%, sendo expressos em % de açúcares redutores.

O teor de açúcares não redutores foi obtido pela diferença entre o teor de açúcares solúveis totais e o teor de açúcares redutores, sendo expressos em % de açúcares não redutores.

2.2.4.4. Quantificação de amido

Para a quantificação de amido seguiu-se o método descrito por McCready et al. (1950). A partir do resíduo obtido da extração de açúcares totais, foram adicionados ao material seco 2,5 mL de água desionizada e 3,5 mL de ácido perclórico 52%, em tubos de centrífuga. Após a agitação dos tubos, os mesmos permaneceram em repouso por 30 minutos. Procedeu-se à centrifugação dos tubos a 2000 g, por 15 minutos, sendo o sobrenadante recolhido em provetas de 25 mL. Após repetir 3 vezes esse procedimento completou-se o volume das provetas para 25 mL com água desionizada. A quantificação de amido foi realizada da mesma maneira que a quantificação de açúcares solúveis totais, de acordo com Dubois et al. (1956) e foi expressa em % de amido.

2.2.5. Análise estatística

O experimento foi instalado no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as diferentes concentrações de etileno e nas subparcelas os dias de armazenamento, no delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Os dados foram analisados segundo estatística descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ESTUDO I: DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE JILÓ

3.1.1. Experimento 1: Evolução de etileno e CO₂ durante o desenvolvimento de frutos de jiló

Frutos de jiló com 13 dias após a abertura floral possuem elevada taxa respiratória de aproximadamente 289,05 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, e baixa produção de etileno de 0,0352 µL de etileno kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 2). Ao longo do desenvolvimento ocorre diminuição da respiração, seguido de aumento de 1,7 vezes entre o 19º e o 25º dia, com pico de produção de 127,46 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ no 25º dia após a abertura floral. Posteriormente há redução gradativa da taxa respiratória, atingindo o valor de 67,70 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ ao final do amadurecimento.

A elevada produção de CO₂, especialmente aos 13 e 16 dias após a abertura floral, possivelmente é resultado da elevada taxa de divisão celular que ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento de frutos. Nessa fase há maior atividade metabólica, resultando em taxa respiratória mais intensa. Após a fase de divisão celular, há redução da respiração, causada pelo metabolismo menos ativo que predomina na fase de alongamento celular (Gillapsy et al., 1993).

A produção de etileno aumenta levemente a partir do 19º dia após a abertura floral, culminando com um pico na produção no 34º dia. Durante esse período, observou-se um incremento de aproximadamente 10 vezes na síntese do hormônio, que passou de 0,0623 para 0,6412 µL de etileno kg⁻¹ h⁻¹. Nos dias posteriores, até o final do completo amadurecimento, há diminuição na produção de etileno, chegando ao valor de 0,2016 µL de etileno kg⁻¹ h⁻¹ no 43º dia após a abertura floral (Figura 2).

Em frutos de jiló há aumento da produção de CO₂ e de etileno, com o pico da respiração antecedendo o pico na produção de etileno. Esse comportamento é típico de frutos climatéricos, nos quais, de acordo com Lelièvre et al. (1997) o aumento na respiração é atribuída ao aumento na síntese de etileno, podendo o pico de produção de CO₂ ocorrer antes ou após o pico na produção de etileno. Além disso, de forma semelhante ao comportamento encontrado em frutos de jiló, nos frutos climatéricos

há aumento de 10 a 100 vezes na produção de etileno (Pratt eGoeschl, 1969) sendo que esses aumentos, em geral, seguem uma escala logarítmica (Paul et al., 2012).

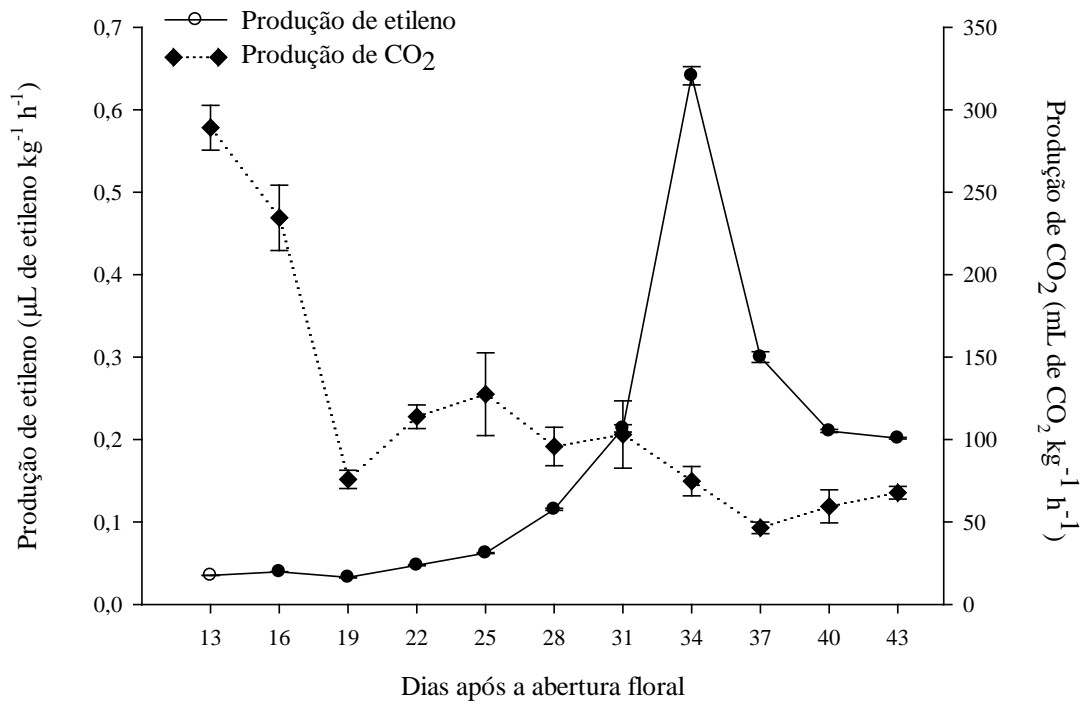


Figura 2. Produção de etileno, em $\mu\text{L de etileno kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, e de CO₂, em $\text{mL de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em dias após a abertura floral. Média \pm erro padrão.

O aumento na produção de etileno no início do amadurecimento de frutos climatéricos controla as alterações na cor (Leliévreet al.; 1997). Durante o desenvolvimento de frutos de jiló houve aumento dos valores do componente a^* da cor. Isso significa que os frutos, inicialmente verdes, tornam-se vermelhos quando completamente maduros. O componente a^* dos frutos apresenta valores médios de -15,5 até o 31º dia após a abertura floral (Figura 3A); a partir desse ponto os valores de a^* aumentam de -14,3 no 31º dia após a abertura floral para -0,8 no 34º dia; quando os valores de a^* tornam-se positivos, demonstrando a formação da coloração vermelha de frutos maduros.

Os valores do ângulo Hue mantiveram com média de 107,6º até o 31º dia após a abertura floral (Figura 3B). Entre o 31º e o 34º dia, houve redução de 12,4% no valor do ângulo Hue, mostrando o início da mudança de cor dos frutos de jiló. Do 34º dia até o 43º dia ocorrem diminuições nos valores do ângulo, que resultam nos frutos completamente vermelhos. Também, há aumento nos valores de L^* até o 28º dia após a abertura floral, que expressa a redução da cor verde forte que passa a verde clara e amarelada. Em seguida ocorre redução dos valores de L^* , traduzindo a cor vermelha escura do final do amadurecimento (Figura 3C).

De acordo com os valores dos componentes da coloração verifica-se que a manifestação da mudança de cor dos frutos de jiló, de verde para amarelado e então, para vermelho, ocorreu aos 34 dias após a abertura floral, coincidindo com o momento do pico de etileno nesses frutos. De maneira semelhante, quando se inicia as alterações de cor em frutos de tomate ocorre aumento na taxa respiratória (Andrews, 1995) e, em pimentas da cultivar Cherry Bomb há aumento de até 5 vezes na produção de etileno.

Frutos de jiló apresentam aumento na produção de etileno e CO_2 associados às mudanças na coloração típicos de frutos climatéricos, no entanto, para confirmar esse comportamento é necessário que os frutos produzam etileno autocatalítico na presença de etileno exógeno ou análogo.

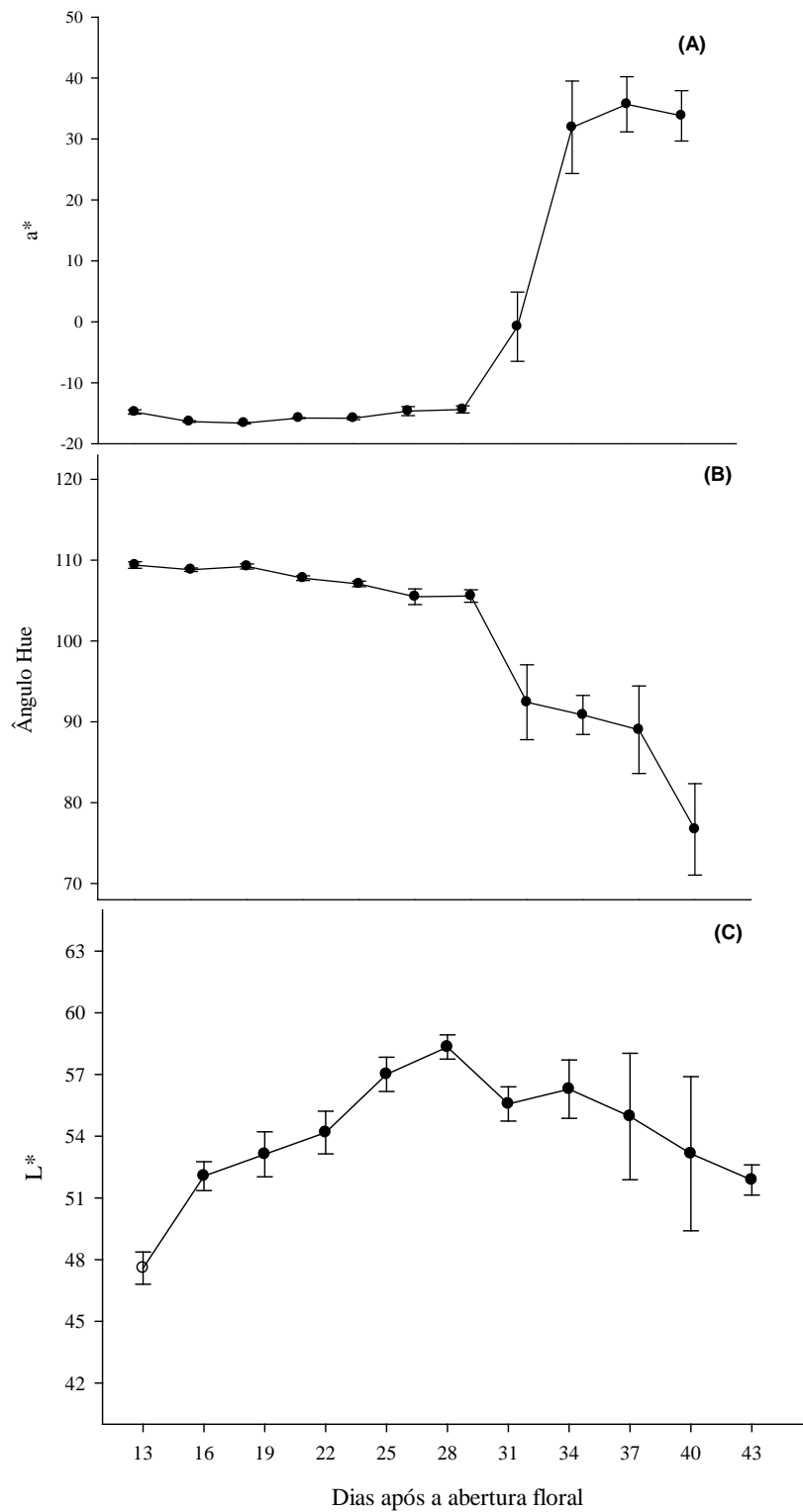


Figura 3. Valores dos componentes a^* (A), ângulo Hue (B) e L^* (C) ao longo do desenvolvimento de frutos de jiló, em dias após a abertura floral. Média \pm erro padrão.

3.1.2. Experimento 2: Determinação do comportamento climatérico em frutos de jiló tratados com etileno

No dia 0 de avaliação os frutos tratados com etileno apresentaram produções de etileno 4 vezes maiores que os frutos controle. No entanto, no 2º dia, a produção de etileno praticamente se anula nos frutos de ambos os tratamentos, aumentando lentamente nos dias posteriores (Figura 4). A elevada produção de etileno dos frutos tratados, no dia 0, possivelmente é resultado da liberação do etileno que foi adicionado e que penetrou no fruto, durante as 24 horas em que esteve em presença de $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Assim, após completa liberação do etileno adicionado, os valores quase nulos de etileno no 2º dia de avaliação podem ocorrer caso ainda não haja produção de etileno pelo próprio fruto.

No tratamento controle, a partir do 2º dia de avaliação, houve um acentuado aumento na produção de etileno, atingindo uma produção de $0,2208 \mu\text{L}$ de etileno $\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ no 12º dia. O comportamento da síntese de etileno nos frutos tratados com $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno seguiu o mesmo padrão que dos frutos controle, no entanto, a adição do fitoregulador antecipou em 4 dias o pico de produção de etileno (Figura 4). No 8º dia de avaliação foi verificado um aumento de 14 vezes na produção de etileno em relação ao dia anterior, sendo determinada uma síntese máxima em torno de $0,2100 \mu\text{L}$ de etileno $\text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$.

O aumento na produção de etileno em frutos tratados, no 8º dia de avaliação, possivelmente é o etileno autocatalítico, em resposta ao etileno externo. De forma semelhante, a aplicação de propileno (um análogo do etileno) induziu a síntese de etileno autocatalítico em frutos de kiwi (Stavroulakis e Sfakiotakis, 1997).

Em ambos os tratamentos observou-se redução na síntese de etileno ao 12º dia de avaliação, seguida de segunda fase de aumento, a partir do 16º dia. Provavelmente, o etileno produzido na segunda fase de aumento é o etileno associado ao processo de senescência dos frutos, que já se encontravam completamente vermelhos.

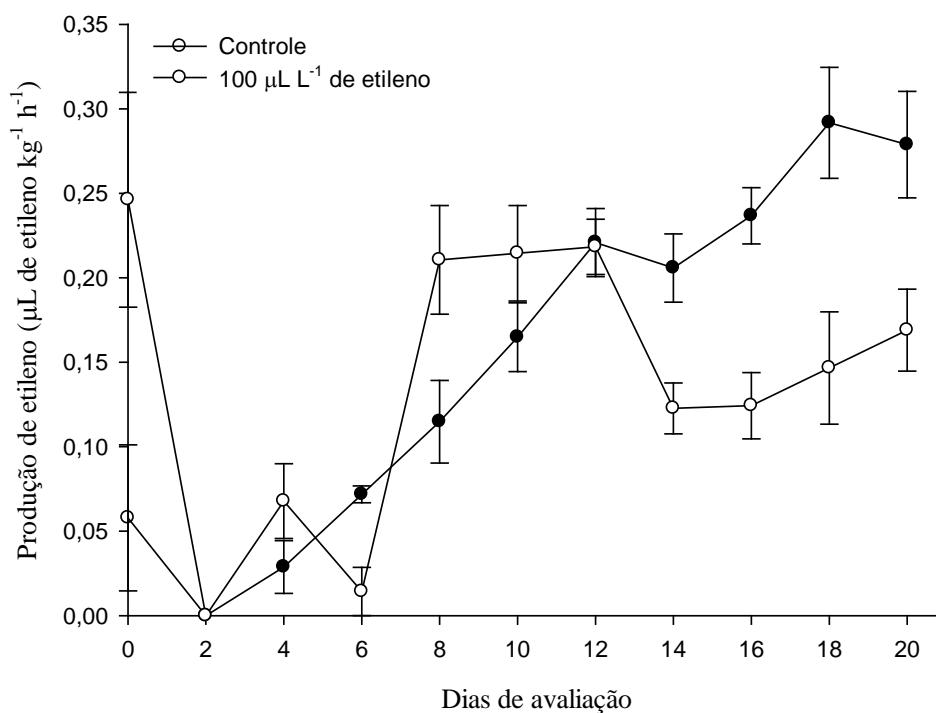


Figura 4. Produção de etileno, em μL de etileno $\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, por frutos de jiló mantidos durante 24 horas em atmosfera normal (controle) e com $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, durante os dias de avaliação.

A produção de CO_2 dos frutos de ambos os tratamentos segue o mesmo comportamento (Figura 5). No entanto, a respiração dos frutos tratados com etileno no dia 0 foi 28% maior que a respiração dos frutos controle, sendo o estímulo à respiração uma possível resposta ao etileno aplicado. De acordo com Paul et al. (2012) o etileno, ou análogo, estimulam a respiração tanto de frutos climatéricos quanto de não-climatéricos. No entanto, como relatado por Yamanee et al. (2007) somente frutos climatéricos sintetizam etileno autocatalítico em resposta ao etileno ou análogo.

Assim, pode-se sugerir que frutos de jiló possuem comportamento do tipo climatérico, como em frutos de tomate, nos quais há a síntese de etileno autocatalítico em resposta ao etileno externo. Entretanto, o comportamento climatérico ou não-climatérico deve ser comprovado pela expressão dos genes da ACC sintase e ACC oxidase, verificado pelo aumento dos respectivos mRNAs. Diferente de frutos de jiló, frutos de pimentão são classificados como não-

climatéricos por Saltveit (1977) por apresentarem pequeno aumento na produção de etileno e CO₂ durante o amadurecimento e também por não haver estímulo à síntese de etileno e nem à respiração quando frutos são tratados com propileno.

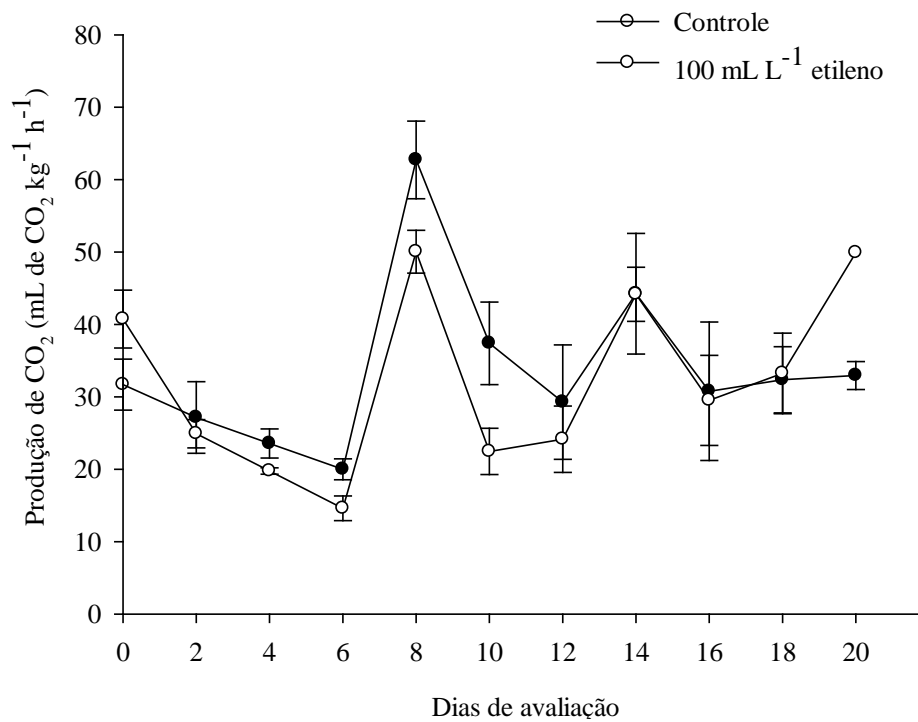


Figura 5. Produção de CO₂, em mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, por frutos de jiló mantidos durante 24 horas em atmosfera normal (controle) e com 100 μL L⁻¹ de etileno, durante os dias de avaliação.

A aplicação de $100\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno não estimulou a perda de massa de matéria fresca em frutos de jiló (Figura 6). Nos frutos controle a perda de massa média foi de 9,65 % e nos frutos tratados com etileno foi de 8,99 %. Assim, a perda de massa detectada possivelmente ocorre devido à senescência natural dos frutos (Caoet al., 2012) em resposta à perda de água pelo processo de transpiração .

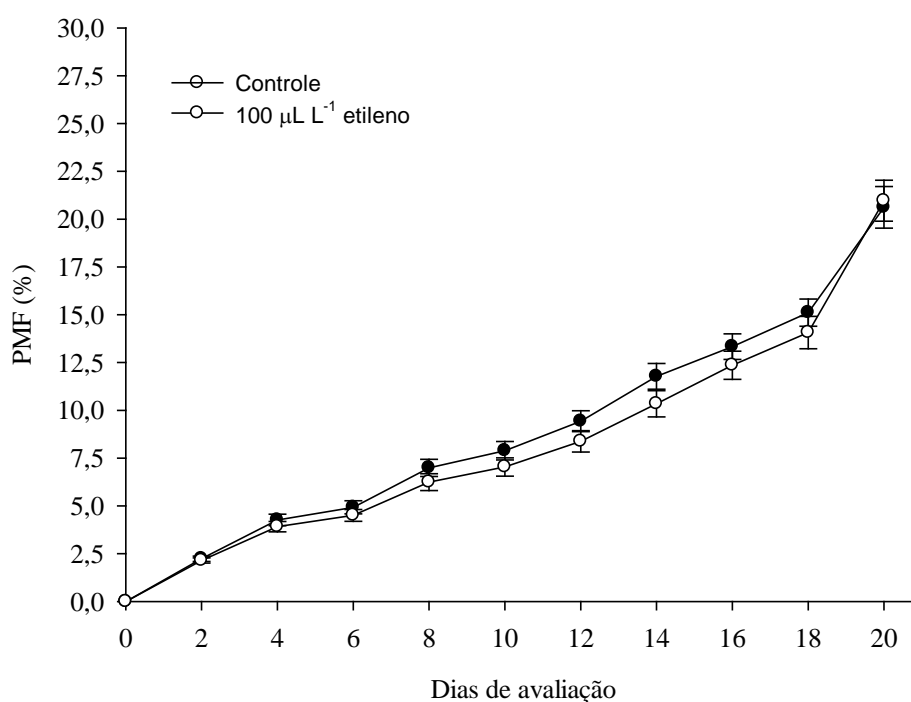


Figura 6. Perda de massa de matéria fresca (PMF), em %, por frutos de jiló mantidos durante 24 horas em atmosfera normal (controle) e com $100\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, durante os dias de avaliação.

Os valores do componente a^* tem comportamento crescente tanto em frutos controle quanto nos frutos tratados com etileno (Figura 7A). Os valores positivos de a^* ocorrem no 8º dia de avaliação nos frutos tratados com etileno e no 10º dia nos frutos controle, dessa maneira, o tratamento com etileno parece adiantar em 2 dias a manifestação da alteração de cor dos frutos.

Apesar de haver influência do etileno sobre os valores de a^* , o mesmo não ocorre para os valores do ângulo hue e do componente L^* . Há decréscimo dos valores do ângulo hue (Figura 7B) e de L^* (Figura 7C) durante os dias de avaliação, devido à formação da coloração vermelha escura dos frutos. No entanto, os frutos tratados com etileno não tiveram as alterações dos valores do ângulo hue aceleradas, adquirindo valores menores que 90° , que traduzem a coloração amarelada, entre o 8° e 10° dia de avaliação, semelhante aos frutos controle.

Dessa maneira, o etileno parece influenciar apenas os valores do componente a^* da coloração, adiantando a redução da cor verde e intensificando a transformação para frutos avermelhados. Durante o amadurecimento de frutos de pimentão e tomate há redução no teor de clorofila e aumento da atividade da enzima clorofilase, uma das responsáveis pela degradação de clorofila (Hornero-Méndez e Mínguez-Mosquera, 2002; Akhtaret al., 1999). Sabe-se, portanto, que a enzima clorofilase é estimulada pelo hormônio etileno (Barry, 2009), dessa forma, processo semelhante pode estar ocorrendo em frutos de jiló durante o amadurecimento. A aplicação de propileno adiantou em 18 dias a alteração da cor em frutos de banana, que são frutos climatéricos (Golding et al., 1998).

Em frutos não climatéricos, como pimenta, alterações na cor são verificadas na presença do etileno exógeno, cessando após sua remoção do ambiente. Assim, a aplicação de $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno em pimentas da cultivar Robusta adiantou a mudança de cor dos frutos. No entanto, o fitoregulador deve estar presente na atmosfera até os frutos adquirirem completa cor vermelha, uma vez que a sua retirada do ambiente retarda essas alterações (Fox et al., 2005).

O início da mudança de cor de frutos de jiló mostrou-se relacionado com o aumento na produção de etileno. Durante o desenvolvimento dos frutos, o começo da mudança na coloração ocorre juntamente com o pico de etileno, aos 34 dias após a abertura floral. Além disso, nos frutos tratados com etileno o início da redução da cor verde também coincide com o momento em que há rápido aumento na síntese de etileno autocatalítico nesses frutos. Dessa maneira, o início da mudança de cor de frutos de jiló pode ser considerado um bom indicador do começo do amadurecimento dos frutos, fato que não é apreciado comercialmente.

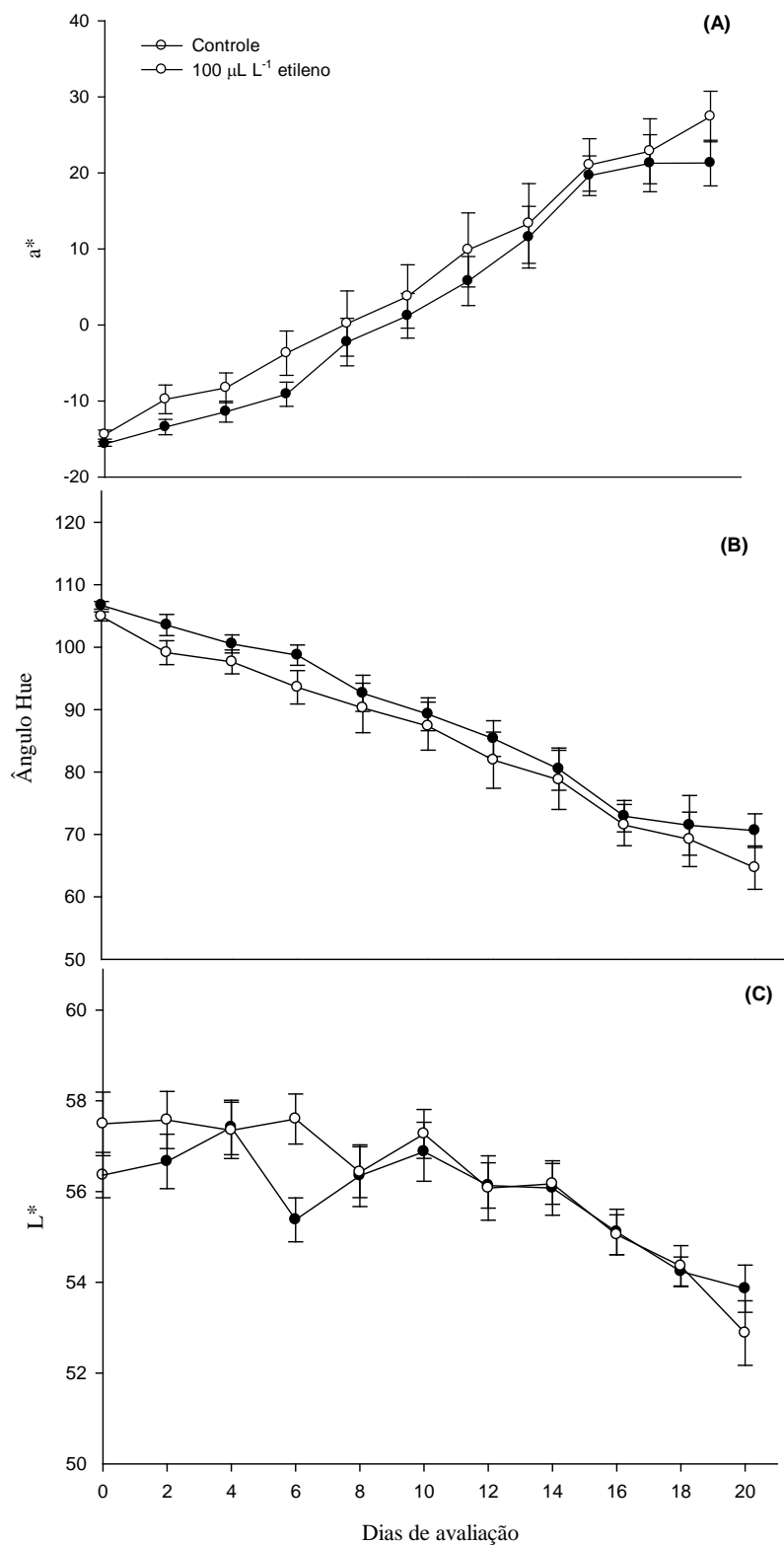


Figura 7. Valores dos componentes a* (A), ângulo Hue (B) e L* (C) de frutos de jiló mantidos durante 24 horas em atmosfera normal (controle) e com 100 µL L⁻¹ de etileno, durante os dias de avaliação.

3.2. ESTUDO II: SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE JILÓ AO ETILENO

Em relação à sensibilidade de frutos de jiló ao etileno, temos que os frutos tratados com diferentes concentrações de etileno tiveram perdas de massa de matéria fresca média de 7,67% (Figura 8). A partir do 3º dia de armazenamento os frutos pertencentes ao tratamento controle tiveram as menores perdas de massa em relação aos demais. Em média, a perda de massa dos frutos tratados com 0,1; 1; 10 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno foi 1,25 vezes maior que dos frutos controle. A maior perda de massa média foi determinada nos frutos tratados com 100 $\mu\text{L L}^{-1}$, sendo 1,5 vezes maior que dos frutos controle.

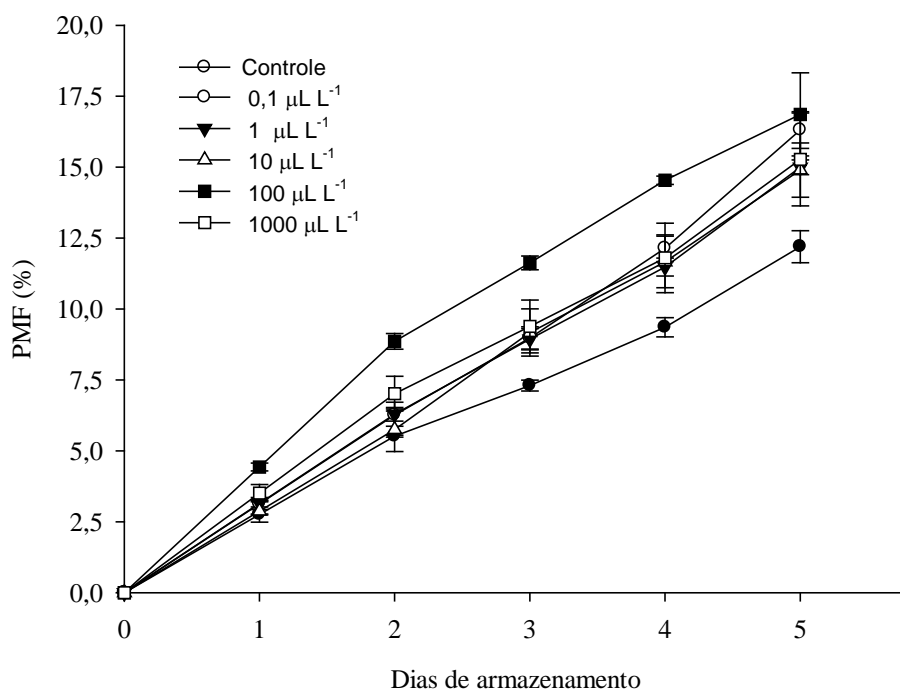


Figura 8. Perda de massa de matéria fresca (PMF), em %, de frutos de jiló tratados com diferentes concentrações de etileno, durante os dias de armazenamento.

As concentrações de etileno não influenciaram nos valores do componente L* da cor, apresentando médias de aproximadamente 55, 56, 57, 57, 57 e 57 para os frutos pertencentes aos tratamentos controle, 0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão do componente L* em frutos de jiló tratados com diferentes concentrações de etileno, durante os dias de armazenamento.

Dia	Concentrações de etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$)					
	0	0,1	1	10	100	1000
0	57,36±1,61	57,36±1,61	57,36±1,61	57,36±1,61	57,36±1,61	57,36±1,61
1	56,24±2,01	56,26±2,09	57,67±2,10	57,16±1,68	56,95±2,29	56,90±1,35
2	55,12±2,99	55,17±2,65	57,98±2,72	56,97±1,84	56,55±3,10	56,43±1,13
3	54,77±2,25	54,85±1,55	57,41±1,40	59,48±3,81	58,52±3,60	58,32±2,18
4	53,33±3,66	58,78±0,69	58,55±3,63	56,21±4,77	59,32±0,60	56,8±3,93
5	55,2±2,10	52,98±4,91	57,02±2,69	55,83±1,84	53,88±4,59	57,18±2,08

Em relação ao componente a*, verifica-se que a partir do 2º dia de armazenamento os frutos tratados com 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ apresentaram valores 32, 68, 240 e 74% maiores que os frutos pertencentes ao tratamento controle no 2º, 3º, 4º e 5º dia de armazenamento, respectivamente (Figura 9). Já os frutos tratados com 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ apresentaram valores de a* 200 e 86% maiores que os frutos controle no 4º e 5º dia de armazenamento, respectivamente.

Assim como verificado para os valores de a*, as concentrações de etileno influenciaram os valores do ângulo hue (Figura 10). Em frutos tratados com 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ os valores de ângulo Hue foram 13, 27 e 41% menores que os frutos controle, aos 3, 4 e 5 dias de armazenamento. Assim como para os valores de a*, também em relação ao ângulo Hue, os frutos tratados com 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ tiveram valores 22 e 17% menores no 4º e 5º dia de armazenamento.

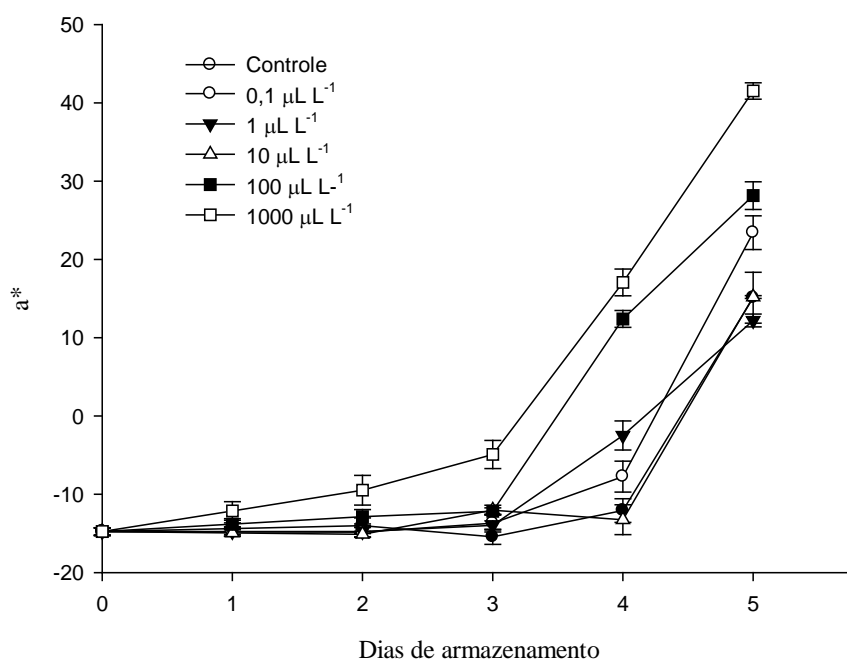


Figura 9. Valores de a* de frutos de jiló tratados com diferentes concentrações de etileno, durante os dias de armazenamento.

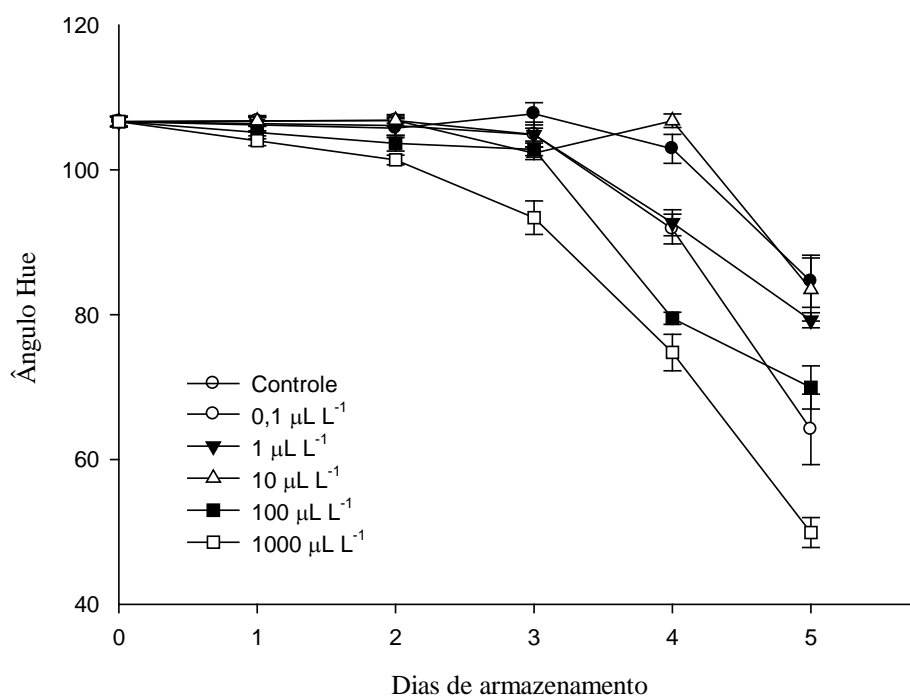


Figura 10: Valores do ângulo Hue de frutos de jiló tratados com diferentes concentrações de etileno, durante os dias de armazenamento.

Em tomates da cultivar Santa Clara e seu mutante Firme houve adiantamento da mudança de cor dos frutos tratados com $1000 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Nesses frutos, a alteração na cor iniciou no 2º dia de armazenamento (Moura et al., 2004), assim como em frutos de jiló. Como dito anteriormente, mudanças na cor dos frutos são estimuladas pelo hormônio etileno, uma vez que ele induz à atividade da enzima clorofilase, contribuindo para a degradação e redução da concentração de clorofila.

O efeito das concentrações de etileno sobre o teor de clorofila de frutos de jiló é apresentado na Figura 11. A partir do 3º dia de armazenamento houve reduções de aproximadamente 1,9 vezes no teor de clorofila dos frutos tratados com etileno em todas as concentrações testadas. Em média, a partir do 3º dia, os frutos tratados com $1000 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno tiveram os menores teores de clorofila, sendo 16 vezes menores que os frutos controle. Para os tratamentos 0,1; 1; 10 e $100 \mu\text{L L}^{-1}$ os valores médios de clorofila total foram 1,6; 3,1; 2,6 e 4,7 vezes mais baixos que os frutos controle, respectivamente.

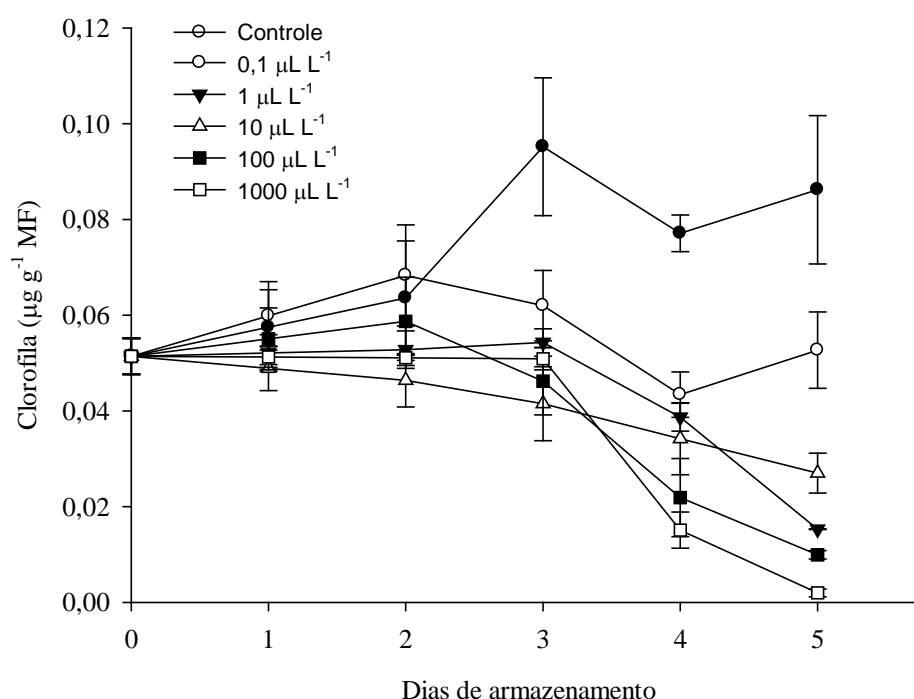


Figura 11. Teor de clorofila, em $\mu\text{g g}^{-1}$ MF, de frutos de jiló tratados com diferentes concentrações de etileno, durante os dias de armazenamento.

Uma vez que ocorreu redução do teor de clorofila, pode-se afirmar que as mudanças na cor dos frutos de jiló são, em parte, causadas pela degradação de clorofila. Assim como em jiló, o armazenamento de pimentas em atmosfera rica em $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno resultou na mudança de cor devido à diminuição do teor de clorofila (Fox et al., 2005) e, concentrações ainda menores, de $10 \mu\text{L L}^{-1}$, estimulou a degradação de clorofila em laranjas (Rodrigo e Zacarias; 2007). Em frutos de jiló, a partir do 3º dia de armazenamento, concentrações de etileno de $0,1 \mu\text{L L}^{-1}$ já são efetivas em reduzir o teor de clorofila, contribuindo para as mudanças na coloração determinadas pelos componentes da cor. No entanto, de acordo com Alba et al. (2005) o etileno também regula a síntese de carotenoides em frutos de tomate, e, assim, alterações na síntese de carotenoides também podem estar relacionadas às mudanças de cor em jiló.

O teor de açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido não apresentaram alterações em resposta às diferentes concentrações de etileno durante os dias de armazenamento. As médias obtidas para as diferentes concentrações durante os dias de armazenamento estão expostas na Tabela 2. Durante o processo respiratório a sacarose (açúcar solúvel total) é degradada em glicose e frutose, que são açúcares redutores (Taiz e Zeiger, 2004). Com isso, qualquer fator que resulte no aumento da taxa respiratória causará redução do teor de açúcares totais, que são substratos para a respiração. Um dos fatores indutores da respiração é o hormônio etileno, portanto, espera-se que quanto maior a concentração de etileno aplicada aos frutos de jiló, maior será a taxa respiratória e menor o teor de açúcares solúveis totais. No entanto essa resposta não foi observada em frutos de jiló, assim como em bananas tratadas com propileno (Golding et al., 1998), evidenciando que os açúcares totais não são limitantes para a taxa respiratória desses frutos.

Tabela 2: Valores médios da porcentagem de açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e amido em frutos de jiló tratados com diferentes concentrações de etileno, durante os dias de armazenamento.

Concentrações de etileno (ppm)	AST (%)	AR (%)	ANR (%)	Amido (%)
Controle	7,04±1,79	5,15±0,81	2,19±1,18	4,77±0,87
0,1	6,99±1,38	4,58±1,00	2,30±1,13	4,80±1,13
1	6,77±2,26	4,65±0,63	2,77±1,42	4,93±1,19
10	6,49±1,52	4,53±0,69	2,29±1,48	4,60±0,98
100	6,74±1,76	5,12±0,57	2,44±1,44	4,58±1,47
1000	7,58±1,43	5,27±1,08	2,90±1,54	4,67±1,12

4. CONCLUSÕES

1. Frutos de jiló podem ser classificados como climatéricos, com pico da respiração antecedendo o pico de etileno no início do amadurecimento.
2. A alteração da cor dos frutos de verde para amarela coincide com o aumento na síntese de etileno, podendo ser usada como indicador do início do amadurecimento.
3. Frutos tratados com $1000 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno iniciam a mudança da cor verde para vermelho em 2 dias, o que pode ser estendido para até 4 dias, se for usada a concentração de $100 \mu\text{L L}^{-1}$.
4. Todas as concentrações de etileno testadas reduziram o teor de clorofila em frutos de jiló.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA, R.; PAYTON, P.; FEI, Z.; McQUINN, R.; DEBBIE, P.; MARTIN, G.B.; TANKSLEY, S.D.; GIOVANNONI, J.J. 2005. Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development. **The Plant Cell**, v.17, p.2954-2965.

AKHTAR, M.S.; GOLDSCHMIDT, E.E.; JOHN, I.; RODONI, S.; MATILE, P.; GRIERSON, D. 1999. Altered patterns of senescence and ripening in *gf*, a stay-green mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Experimental Botany**, v.50, p.1115-1122.

ANDREWS, J. 1995. The climacteric respiration rise in attached and detached tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.6, p.287-292.

BAPAT, V.A.; TRIVEDI, P.K.; GHOSH, A.; SANE, V.A.; GANAPATHI, T.R.; NATH, P. 2010. Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. **Biotechnology Advances**, v.28, p.94-107.

BARRY, C.S. 2009. The stay-green revolution: recent progress in deciphering the mechanisms of chlorophyll degradation in higher plants. **Plant Science**, v.176, p.325-333.

BARRY, C.S. & GIOVANNONI, J.J. 2007. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.26, p.143-159.

CAO, S.; YANG, Z.; ZHENG, Y. 2012. Effect of 1-methylcyclopropene on senescence and quality maintenance of green bell pepper fruit during storage at 20°C. **Postharvest Biology and Technology**, v.70, p.1-6.

CALBO, A.G. Jiló (*Solanum gilo* Raddi). Disponível: <http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/jilo.htm>. Acesso em 22 de fevereiro de 2013.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-365.

FERREIRA, A.P.S.; OLIVEIRA, L.S.; CARVALHO, D.R.; SILVA, F.C.; FINGER, F.L. 2011. Qualidade de jilós armazenados em embalagens com sachê de 1-MCP e ou absorvedor de oxigênio. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.36, p.109-115.

FERREIRA, A.P.S.; CARVALHO, D.R.; MAPELI, A.M.; FINGER, F.L. 2012. Shelf life of *Solanum gilo* fruits affected by ethylene and O₂ absorbers. **Acta Horticulturae**, v.934, p.689-694.

FOX, A.J.; POZO-INSFRAN, D.D.; LEE, J.H.; SARGENT, S.A.; TALCOTT, S.T. 2005. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure. **HortScience**, v.40, p.732-736.

GILLASPY, G.; BEN-DAVID, H.; GRUISSEM, W. 1993. Fruits: a developmental perspective. **The Plant Cell**, v.5, p.1439-1451.

GOLDING, J.B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S.G.; McGLASSON, W.B. 1998. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.87-98.

HORNERO-MÉNDEZ, D.; MÍNGUEZ-MOSQUERA, M.I. 2002. Chlorophyll disappearance and chlorophyllase activity during ripening of *Capsicum annuum* L. fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, p.1564-1570.

INSKEEP, W.P.; BLOOM, P.R. 1985. Extinction coefficients of chlorophyll *a* and *b* in N,N-dimethylformamide and 80% acetone. **Plant Physiology**, v.77, p.483-485.

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

McCREADY, R.M.; GUGGOLZ, J.; SILVIERA, V.; OWENS, H.S. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytic Chemistry**, v.22, p.1156-1158.

McGLASSON, W.B.; DOSTAL, H.C.; TIGCHELAAR, E.C. 1975. Comparison of propylene-induced responses of immature fruit of normal and *rin* mutant tomatoes. **Plant Physiology**, v.55, p.218-222.

McGUIRE, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v.27, p.1254-1255.

MOURA, M.L.; FINGER, F.L.; SILVA, D.J.H.; CECON, P.R. 2004. Amadurecimento pós-colheita de frutos de tomateiro cv. Santa Clara e do mutante 'Firme' tratados com etileno. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.29, p.35-39.

NELSON, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-380.

PAUL, V.; PANDEY, R.; SRIVASTAVA, G.C. 2012. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene – an overview. **Journal of Food Science and Technology**, v.41, p.1-21.

PÉRIN, C.; GOMEZ-JIMENEZ, M.; HAGEN, L.; DOGIMONT, C.; PECH, J.-C.; LATCHÉ, A.; PITRAT, M.; LELIÈVRE, J.-M. 2002. Molecular and genetic characterization of a non-climacteric phenotype in melon reveals two loci conferring altered ethylene response in fruit. **Plant Physiology**, v.129, p.300-309.

POZUETA-ROMERO, J.; KLEIN, M.; HOULNÉ, G.; SCHANTZ, M.-L.; MEYER, B.; SCHANTZ, R. 1995. Characterization of a family of genes encoding a fruit-

specific wound-stimulate protein of bell pepper (*Capsicum annuum*): identification of a new family of transposable elements. **Plant Molecular Biology**, v.28, p.1011-1025.

PRATT, H.K.; GOESCHL, J.D. 1969.Physiological role of ethylene in plants.**Annual Review of Plant Physiology**, v.20, p.541-584.

RODRIGO, M.J.; ZACARIAS, L. 2007.Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and the expression of carotenoid biosynthetic genes in the flavedo of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit.**Postharvest Biology and Technology**, v.43, p.14-22.

SALTVEIT JR, M.E. 1977. Carbon dioxide, ethylene, and color development in ripening mature green bell peppers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.102, p.523-525.

SDIRI, S.; NAVARRO,P.; MONTERDE, A.; BENABDA, J.; SALVADOR, A. 2012. New degreening treatments to improve the quality of citrus fruit combining different periods with and without ethylene exposure.**Postharvest Biology and Technology**, v.63, p.25-32.

STAVROULAKIS, G.; SFAKIOTAKIS, E. 1997.Regulation of propylene-induced ripening and ethylene biosynthesis by oxygen in 'Hayward' kiwifruit.**Postharvest Biology and Technology**, v.10, p.189-194.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2004.**Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Trad. Santarém, E.R, et al. Porto Alegre:Artmed. 719p.

TIAN, M.S.; PRAKASH, S.; ELGAR, H.J.; YOUNG, H.; BURMEISTER, D.M.; ROSS, G.S. 2000. Responses of strawberry fruit to 1-methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. **Plant Growth Regulation**, v.32, p.83-90.

YAMANE, M.; ABE, D.; YASUI, S.; YOKOTANI, N.; KIMATA, W.; USHIJIMA, K.; NAKANO, R.; KUBO, Y.; INABA, A. 2007. Differential expression of ethylene

biosynthetic genes in climacteric and non-climacteric Chinese pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, p.220-227.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.35, p.155-189.

CONCLUSÕES GERAIS

1. Frutos de jiló descrevem curva de crescimento do tipo sigmoide simples.
2. O desenvolvimento dos frutos é marcado por reduções na concentração de clorofila e aumento da concentração de carotenoides, que é evidenciado pela alteração da cor de verde para vermelho.
3. Frutos de jiló são classificados como climatéricos.
4. Os frutos respondem a concentrações de $1000\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno com o adiantamento da mudança da cor verde para vermelha; e a concentrações acima de $0,1\mu\text{L L}^{-1}$ diminuindo o teor de clorofila, o que reduz a vida de prateleira dos frutos.
5. A colheita dos frutos de jiló deve ser feita antes que se inicie a alteração de cor, no 28º dia após a abertura floral, sendo a alteração de cor um bom indicador para o ponto de colheita.
6. Frutos de jiló devem ser colhidos entre o 25º e o 28º dia após a abertura floral, com 70 mm de comprimento e com valores de L^* , a^* e ângulo hue de 55,0, -16,0 e 108,4º, respectivamente, e/ou valor de firmeza de 41 N.