

FERNANDA CRISTINA SILVA

CRESCIMENTO E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS PÓS-COLHEITA EM FRUTOS DE MAXIXE (*Cucumis anguria*)

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

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

T

S586c
2016
Silva, Fernanda Cristina, 1985-
Crescimento e alterações fisiológicas pós-colheita em
frutos de maxixe (*Cucumis anguria*) / Fernanda Cristina
Silva. - Viçosa, MG, 2016.
xi, 78f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Fernando Luiz Finger.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.74-77.

1. *Cucumis anguria*. 2. Maxixe (Hortaliça) - Fisiologia
pós-colheita. 3. Maxixe (Hortaliça) - Efeito do etileno.
4. Planta - Crescimento. 5. Planta - Respiração.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 635.63

FERNANDA CRISTINA SILVA

CRESCIMENTO E ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS PÓS-COLHEITA EM FRUTOS DE MAXIXE (*Cucumis anguria*)

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

Aprovada: 18 de março de 2016.

Ana Maria Mapeli

Christiane de Fátima Martins França

Marialva Alvarenga Moreira

Teresa Drummond Correia Mendes

Fernando Luiz Finger
(Orientador)

**“Ainda que seus passos pareçam inúteis; vá abrindo caminhos como a água
que desce cantando da montanha. Outros te seguirão...”**

Antoine de Saint-Exupéry

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda força e saúde concedida para eu chegar até aqui...

Aos meus queridos pais, pela confiança depositada em mim e pelo incentivo nos momentos de angústia. Torceram, rezaram e sofreram comigo nas minhas incertezas. Estiveram presentes em cada etapa desse trabalho... ao nascer do sol na horta e madrugadas de análise no laboratório. Muito obrigada!!!

Ao meu amado marido, pelo companheirismo, alegria, risadas, por sempre me querer o bem e me erguer quando minhas forças não eram suficientes. Suas palavras e conselhos foram essenciais para que eu me mantivesse de pé.

As minhas queridas irmãs, que sempre me apoiaram nas minhas decisões e torceram pelo meu sucesso. Conselheiras e amigas... Minha querida sobrinha, seu sorriso angelical é suficiente para me fazer enxergar que lutar vale a pena!!!

Aos meus familiares, avós, tios, primos, e em especial tia Aparecida, sempre rezando e torcendo pela minha conquista. A minha sogra, meus cunhados, tia Zanza, sempre presentes.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realizar este curso. As secretárias do departamento, sempre atenciosas e dispostas a resolver meus problemas.

Ao professor Fernando Luiz Finger, pelos ensinamentos, orientação, paciência e por tudo que fez por mim para que eu chegasse até aqui.... A você um agradecimento mais que especial, se hoje concluo o doutorado, foi pela confiança depositada em mim no final da minha graduação. Muito Obrigada!!!

Ao CNPq e CAPES pelo apoio financeiro.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pelas sugestões e auxílio nas análises, disponibilidade e coorientação. Ao Professor Mario Puiatti, sempre presente passando sua experiência, contribuindo com minha pesquisa.

Aos funcionários Geraldo e Sebastião que sempre me auxiliaram durante a condução dos trabalhos, além da valiosa amizade. Aos funcionários da horta, sempre dispostos a auxiliar.

A todos do laboratório que contribuíram para esse trabalho e que estiveram ao meu lado. Christiane, Fernanda, Wellington, Lucas, cada ajuda tornou-se esse período menos árduo. A Tania, Janieli, Mayana, pela amizade e trabalhos. À professora Teresa e Paula Acácia pelos ensinamentos, conselhos e colaboração.

A Ana Maria, Christiane, Teresa e Marialva pela disponibilidade para participar da banca, doando-se para acrescentar.

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

O tempo foi extenso e a ajuda recebida essencial. Se hoje termino essa etapa foi porque encontrei pessoas que somaram à minha vida. Muitas não citadas, mas que se fizeram presentes em detalhes, por sinal, diferenciais.

Obrigada!!!

BIOGRAFIA

Fernanda Cristina Silva, filha de Osvaldinho Moreira da Silva e Aparecida Perpétua da Fonseca e Silva, nasceu no dia 25 de agosto de 1985, em João Monlevade – MG.

Graduou-se Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) – Viçosa (MG), em julho de 2009. Em janeiro de 2011, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na instituição referida, UFV.

Em fevereiro de 2012 iniciou-se o curso de Doutorado em Fitotecnia, pela mesma instituição.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO I.....	5
CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E FISIOLÓGICAS DOS FRUTOS DE MAXIXE DAS CULTIVARES MAXIXE DO NORTE E MAXIXE LISO DE CALCUTÁ.....	5
RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1. Diâmetros longitudinal e transversal	9
2.2. Volume.....	9
2.3. Massa fresca.....	9
2.4. Massa seca	9
2.5. Sólidos Solúveis Totais.....	10
2.6. Acidez Total Tituável	10
2.7. Clorofila	10
2.8. Carotenoides totais.....	10
2.9. Açúcares solúveis	11
2.10. Teor de amido	12
2.11. Respiração e produção de etileno dos frutos	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERÊNCIAS.....	34
CAPÍTULO II	38
AÇÃO DO ETILENO EM FRUTOS DE MAXIXE.....	38
RESUMO	38

1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
ESTUDO I - SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE MAXIXE AO ETILENO	42
2.1. Experimento I – Frutos cultivados na horta da UFV	42
2.1.1. Perda de massa fresca acumulada.....	44
2.1.2. Teor de Vitamina C.....	44
2.1.3. Teor de Clorofila total.....	45
2.1.4. Carotenóides Totais	45
2.1.5. Teores de açúcares solúveis totais	45
2.1.6. Teor de amido	46
2.1.7. Delineamento experimental	47
2.2. Experimento II – Frutos obtidos do CEASA	47
ESTUDO II – PADRÃO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE MAXIXE	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
ESTUDO I - SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE MAXIXE AO ETILENO.....	49
3.1. Experimento I - Frutos cultivados na horta da UFV.....	49
3.1.1. Perda de massa fresca (PMF).....	49
3.1.2. Teor de Vitamina C.....	51
3.1.3. Teor de clorofila Total	53
3.1.4. Carotenoides	55
3.1.5. Teores de Açúcares Solúveis Totais (AST).....	57
3.1.6. Teor de amido	62
3.2. Experimento II – Frutos obtidos do CEASA	67
ESTUDO II - PADRÃO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE MAXIXE	71
4. CONCLUSÕES	73
5. REFERÊNCIAS.....	74
CONCLUSÕES GERAIS	78

RESUMO

SILVA, Fernanda Cristina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2016. **Crescimento e alterações fisiológicas pós-colheita em frutos de maxixe (*Cucumis anguria*)**. Orientador: Fernando Luiz Finger

Frutos de maxixe (*Cucumis anguria*) têm curto período pós-colheita, tornando-se amarelecidos e sem valor comercial, fato que pode estar associado à sua colheita desuniforme. Para os frutos de maxixe, ainda não é conhecido o padrão do crescimento. É importante avaliar o processo de desenvolvimento e a fisiologia dos frutos, pois permite estabelecer o momento oportuno de aplicação dos tratamentos culturais e o período adequado da colheita, visando estender o período pós-colheita e manutenção da qualidade. Mudanças físicas, químicas e fisiológicas ocorrem durante o processo de crescimento, amadurecimento e senescência, influenciadas pelo etileno, hormônio que regula muitos aspectos fisiológicos. Neste sentido, frutos carnosos podem ser divididos em duas categorias, de acordo com suas respostas fisiológicas ao etileno: frutos sensíveis ao etileno e frutos insensíveis, relacionadas com receptores de etileno. Diante disso, o objetivo específico desse trabalho foi: caracterizar as alterações físicas, químicas e fisiológicas de frutos de maxixe, de duas variedades comerciais, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá; determinar a curva de crescimento dos frutos de ambas as cultivares e o ponto de colheita comercial ideal dessas variedades; avaliar a sensibilidade das duas cultivares, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, tratados com etileno, em estágio de colheita comercial, além de frutos obtidos do CEASA, para determinar se a falta de homogeneidade no ponto de colheita desses frutos interfere na resposta ao etileno. Avaliou-se também o padrão climatérico dos frutos das duas variedades comerciais. O experimento foi conduzido na horta nova da Universidade Federal de Viçosa nos anos de 2014 e 2015. Flores femininas foram identificadas, logo após abertura floral, para controle do desenvolvimento dos frutos, sendo realizadas análises de diâmetro transversal e longitudinal, volume, massa fresca (MF), massa seca (MS), sólidos solúveis totais (SST), acidez, clorofila a, clorofila b e clorofila total (CT), carotenoides, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR), amido e a produção de CO₂ e etileno pelos frutos. Para análise da

sensibilidade ao etileno, os frutos foram colhidos em maturidade comercial e tratados com diferentes concentrações de etileno gasoso: 0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$, e o controle. Análises de perda da massa fresca (PMF), teor de ácido ascórbico (VIT C), CT, carotenoides, AST, AR, ANR e amido foram realizadas nos dias 0, 2, 4, 6, 8 e 10, após a colheita. Frutos obtidos do CEASA receberam os mesmos tratamentos, sendo realizadas avaliações de PMF e CT, nos dias 0, 2, 4, 5 e 7. Para análise do padrão respiratório, frutos receberam os mesmos tratamentos acima, porém foram colocados individualmente em potes para acúmulo de CO_2 e etileno, sendo realizada análise do ar acumulado a cada 2 dias, ao longo de 10 dias. Os frutos, de ambas as variedades, apresentaram curva de crescimento sigmoide simples, com taxa máxima de crescimento aproximadamente no 11º dia após a antese. Os frutos apresentaram decréscimo na respiração, com pico no sexto dia após antese. Os tratamentos não apresentaram diferença significativa para as variáveis avaliadas. Os frutos obtidos no CEASA, tratados com 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ de etileno, estavam deteriorados no quarto dia de avaliação. Essas doses induziram maiores PMF e maior degradação de clorofila. Os frutos não apresentaram pico de respiração e de etileno, independente da concentração aplicada. Frutos de maxixe são praticamente insensíveis ao etileno e podem ser classificados como não climatéricos.

ABSTRACT

SILVA, Fernanda Cristina, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2016. **Growth and postharvest physiological changes in gherkin fruits (*Cucumis anguria*)**. Adviser: Fernando Luiz Finger

Gherkin fruits (*Cucumis anguria*) has short postharvest period, becoming yellowed and without commercial value, which may be associated with its uneven harvest. For gherkin fruit, still it is not known the growth pattern. Evaluate the process of development and physiology of the fruit may establish the timely application of field treatments and the appropriate period of harvest, aiming to extend the postharvest period and quality maintenance. Physical, chemical and physiological changes occur during the process of growth, ripening and senescence, influenced by ethylene which regulates many physiological aspects. Fleshy fruits can be divided into two categories according to their physiological responses to ethylene: Ethylene sensitive and insensitive fruits, related with ethylene receptors. Thus, the aim of this study was to characterize the physical, chemical and physiological changes of two commercial varieties of gherkin fruits, Maxixe do Norte and Maxixe liso de Calcutá; determine the growth curve of the fruit of both cultivars and the optimal harvest time of these varieties; evaluate the sensitivity of both cultivars, treated with ethylene in the commercial harvesting stage, and in fruits obtained from CEASA, to determine whether the lack of homogeneity in the fruits harvest point interferes in the response to ethylene. Also assessed the standard-climacteric fruits of two commercial varieties. The experiment was conducted in the new UFV garden in the years of 2014 and 2015. Female flowers were identified right after flower opening for control of fruit development, being conducted analysis of transverse and longitudinal diameter, volume, fresh weight (WF), dry matter (DM), total soluble solids (TSS), acidity, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll (TC), carotenoids, total soluble sugars (TSS), reducing sugars (RS), not reducing sugars (ANR), starch and the production of CO₂ and ethylene by the fruit. For the analysis of ethylene sensitivity, the fruits were harvested at commercial maturity and treated with different concentrations of ethylene gas: 0.1, 1, 10, 100 and 1000 µL/L, and control. Analysis of cumulative weight loss (CWL),

ascorbic acid content (vitamin C), TC, carotenoids, TSS, RS, ANR and starch were performed on days 0, 2, 4, 6, 8 and 10 after harvest. Fruits obtained from CEASA received the same treatments, being carried out evaluations of CWL and TC, on days 0, 2, 4, 5, 7. For analysis of respiratory pattern, fruits received the same treatments above, but were individually placed in pots to accumulate CO₂ and ethylene, being carried out analysis of air accumulated every 2 days over 10 days. The fruits of both varieties, presented a simple sigmoidal growth curve, with maximum growth rate at approximately 11 days after anthesis. The fruits showed a decrease in respiration, with a peak on the 6th day after anthesis. The treatments did not differ significantly for the variables evaluated. The fruits obtained in CEASA treated with 100 and 1000 µL/L of ethylene, were damaged on the fourth day of evaluation. These doses induced higher CWL and higher degradation of chlorophyll. The fruits showed no respiration and ethylene peak, regardless of the applied concentration. Gherkin fruits are practically insensitive to ethylene and can be classified as non-climacteric.

INTRODUÇÃO GERAL

Originário da África tropical e introduzido no Brasil por ocasião do tráfico de escravos (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988), maxixe (*Cucumis anguria* L.) é uma hortaliça de clima tropical pertencente à família das cucurbitáceas. A época mais recomendada para o plantio, na região sudeste, é de setembro a fevereiro, por suportar temperaturas elevadas e chuvas abundantes (EMBRAPA, 2010).

Frutos podem apresentar padrão de crescimento sigmoidal simples ou duplo. No primeiro caso é, frequentemente, detectada uma fase com crescimento lento, consistindo basicamente de divisão celular, uma segunda fase de expansão rápida, e uma fase estacionária ou fase de crescimento final (HURR et al., 2009). Na curva de crescimento sigmoidal duplo, verifica-se a primeira fase de crescimento lento, seguida por uma fase de rápida expansão, produzindo uma segunda parte sigmoide da curva.

As características físicas do fruto, como tamanho, massa, volume, são muito importantes, visto que através dessas análises é determinada a curva de crescimento, sendo possível determinar o ponto de colheita ideal dos frutos, que exerce influência direta na vida útil dos mesmos. Na literatura, não há relatos sobre pós-colheita de maxixe, o que torna necessário um amplo estudo dessa hortaliça.

No período de maturação dos frutos carnosos, várias mudanças qualitativas ocorrem no fruto, como a perda da firmeza devido à quebra enzimática da parede celular, a hidrólise do amido e de outras macromoléculas, alteração na relação dos açúcares, redução nos teores de ácidos orgânicos e compostos fenólicos. Também se observa degradação de clorofila e acúmulo de outros pigmentos, como carotenoides e antocianina, nas células da epiderme dos frutos. (CHITARRA & CHITARRA, 2005)

A perda da cor verde em produtos hortícolas, decorrente da degradação da clorofila, está associada à diminuição da sua qualidade. A clorofila pode ser degradada em compostos castanhos acinzentados indesejáveis tais como a feoforbida e feofitina, que posteriormente pode ser metabolizado em compostos incolores (HEATON & MARANGONI, 1996). O processo de degradação ocorre primeiramente através da remoção da cauda de fitol pela enzima clorofilase, seguida pela remoção do Mg^+ pela magnésio de-quelatase. Em seguida, a estrutura de porfirina é aberta, por uma enzima oxigenase, formando um tetrapirrol de cadeia aberta, o qual é modificado para formar

produtos hidrossolúveis e incolores exportados do cloroplasto senescente para o vacúolo, onde são permanentemente armazenados (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Os carotenoides são constituintes das membranas de tilacóides e estão intimamente associados às proteínas que formam o aparelho fotossintético. São pigmentos acessórios na fotossíntese, de cores amarela, laranja e vermelha (TAIZ & ZEIGER, 2009). A relação desses pigmentos é de grande importância no desenvolvimento e senescência dos frutos, visto que a alteração da cor verde para o amarelo em frutos de maxixe caracteriza a senescência dos frutos.

Pouco se sabe sobre os parâmetros físico-químicos desta hortaliça. O ácido ascórbico (vitamina C), com papel fundamental na nutrição humana, é também usado como um indicador da qualidade nutritiva de frutas e vegetais. Isto porque, em comparação com outros nutrientes, é mais sensível aos diferentes modos de degradação no armazenamento de alimentos. Portanto, presume-se que, a presença do ácido ascórbico durante o armazenamento indica que provavelmente os demais nutrientes também estão sendo preservados (ÖZKAN et al., 2004).

Durante o processo de desenvolvimento dos frutos, as alterações metabólicas são responsáveis também pelas mudanças fisiológicas, sendo a taxa respiratória um indicador do nível de demanda metabólica. As mudanças fisiológicas em frutos carnosos diferem entre as espécies, permitindo a classificação dos frutos em climatéricos e não climatéricos de acordo com seu padrão respiratório no amadurecimento, que está diretamente relacionado com o sistema I e II de produção de etileno. Segundo Barry et al. (2000), o sistema I de produção de etileno é encontrado em tecidos vegetativos, frutos não climatéricos e em frutos climatéricos no estágio do pré-climatério, onde a taxa de produção de etileno é baixa. O sistema II do etileno é produzido durante o amadurecimento de frutos climatéricos e senescência floral, onde a taxa de produção de etileno é maior.

Goldschmidt (1997) propôs a divisão dos frutos não climatéricos em duas categorias, de acordo com suas respostas fisiológicas ao etileno: frutos com resposta positiva tanto ao etileno endógeno como ao exógeno, e frutos insensíveis, que não apresentam nenhuma resposta ao etileno na fase de amadurecimento.

A sensibilidade dos frutos ao etileno está relacionada com receptores de etileno (BINDER, 2008), um complexo enzimático localizado no retículo endoplasmático (MA

et al., 2006). É necessária a síntese desses receptores para desencadear a resposta de ação do etileno, tanto em níveis basais quanto para aplicação exógena. A sensibilidade da maioria dos frutos ao etileno aumenta na medida em que o fruto se aproxima da maturidade fisiológica e do início do amadurecimento (SENHOR et al., 2009). Logo, o curto período pós-colheita dos frutos de maxixe, associado ao amarelecimento (SILVA et al., 2015), pode estar associado à sua colheita tardia.

O objetivo do trabalho foi caracterizar as alterações físicas, químicas e fisiológicas de frutos de maxixe de duas cultivares, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, determinando a curva de crescimento dos frutos de ambas as cultivares e o ponto de colheita comercial ideal destas variedades. Posteriormente, avaliar a sensibilidade das duas cultivares, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, tratados com etileno, em estágio de colheita comercial, além de frutos obtidos do CEASA, para determinar se a falta de homogeneidade no ponto de colheita desses frutos interfere na resposta ao etileno. Avaliou-se também o padrão climatérico dos frutos das duas cultivares comerciais.

REFERÊNCIAS

- BARRY, C. S.; LLOP-TOUS, M. I.; GRIERSON, D. The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. **Plant Physiology**, v.123, n. 3, p. 979–986. 2000.
- BINDER, B. M. The ethylene receptors: complex perception for a simple gás. **Plant Science**, Madison, v.175, p. 8-17. 2008.
- GOLDSCHMIDT, E. E. Ripening of citrus and other non-climateric fruits: a role for ethylene. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.463, p.325-334. 1997.
- HEATON, J. W.; MARANGONI, A. G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissue. **Trends in Food Science & Technology**, v.7, p. 8-15. 1996.
- MA, B.; CUI, M. L.; SUN, H. J.; TAKADA, K.; MORI, H.; KAMADA, H.; EZURA, H. Subcellular localization and membrane topology of the melon ethylene receptor CmERS1. **Plant Physiology**, v. 141, p. 587-597. 2006.
- ÖZKAN, M.; KIRCA, A.; CEMEROGLU, B. Effects of hydrogen peroxide on the stability of ascorbic acid during storage in various fruit juices. **Food Chemistry**, v.88, n.4, p.591-597. 2004.
- SENHOR, R. F.; SOUZA, P. A.; NETO, R. C. A.; PINTO, A. C. Controle através de bloqueadores de etileno. **Revista Verde**, v.4, n.2, p. 15- 22. 2009.
- SILVA, F. C.; RIBEIRO, W. S.; FRANCA, C. F. M.; ARAUJO, F. F. Action of potassium permanganate on the shelf-life of Cucumis anguria fruit. **Acta Horticulturae**, v. 1071, p. 105-111. 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al 4^a Ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2009.
- YOKOYAMA, S.; SILVA JÚNIOR, A. A. Maxixe: uma hortaliça pouco conhecida. **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 1, n. 3, p. 12-13. 1988.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E FISIOLÓGICAS DOS FRUTOS DE MAXIXE DAS CULTIVARES MAXIXE DO NORTE E MAXIXE LISO DE CALCUTÁ

RESUMO

Os processos de crescimento e amadurecimento de frutos são constituídos por mudanças físicas, químicas e fisiológicas. Após a polinização da flor, inicia-se a formação do fruto por divisões celulares, resultando ao final do processo em aumento de massa fresca, comprimento, largura e volume característicos da espécie. O objetivo desse trabalho foi caracterizar as alterações físicas, químicas e fisiológicas de frutos de maxixe (*Cucumis anguria*), de duas variedades comerciais, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, além de determinar a curva de crescimento dos frutos de ambas as cultivares e o ponto de colheita comercial ideal dessas variedades. O experimento foi conduzido na horta nova da UFV nos anos de 2014 e 2015. Flores femininas foram identificadas, logo após abertura floral, para controle do desenvolvimento dos frutos, os quais foram colhidos nos dias 1, 3, 6, 10, 13, 15, 17, 19 e 22 após antese. Os frutos, de ambas as variedades, apresentaram curva de crescimento sigmoide simples, com taxa máxima de crescimento aproximadamente no 11º dia após a antese. Tiveram decréscimo na respiração, com pico no sexto dia após antese, além de redução gradativa para o teor de sólidos solúveis e acidez ao longo do desenvolvimento. Frutos entre o 10º e 13º dia após antese, para 'Maxixe do Norte', 11º e 13º dia após antese, para 'Maxixe Liso de Calcutá', apresentaram as melhores características físico-químicas e fisiológicas para comercialização, sendo o período ideal para a colheita.

1. INTRODUÇÃO

O maxixeiro, *Cucumis anguria*, é uma planta anual, que possui hábito de crescimento indeterminado e prostrado, sendo caracterizado por possuir um caule principal com crescimento contínuo, numa sucessão de nós e entrenós (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988; MODOLO & COSTA, 2003).

Com relação ao aspecto vegetativo, esta espécie apresenta folhas alternas, frequentemente lobuladas, em contraste com as folhas não lobuladas típicas de pepino e melão (MODOLO & COSTA, 2003). Os caules apresentam gavinhas axilares originadas da modificação de ramos (SOUZA & LORENZI, 2012).

A planta de maxixe é monóica, apresentando flores masculinas e femininas separadas na mesma planta. As flores femininas são individuais, axilares e de coloração amarela, enquanto que as masculinas reúnem-se em cachos (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988). A polinização é feita por insetos, principalmente abelhas, ocorrendo a fecundação cruzada (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988; MODOLO, 2002).

A frutificação normalmente ocorre no primeiro ou segundo nó da ramificação lateral; excepcionalmente ocorre na haste principal. Os frutos do maxixeiro são classificados como baga (SOUZA & LORENZI, 2012), com grande variabilidade quanto ao formato, podendo apresentar espículos de até 2 cm de comprimento ou serem lisos (YOKOYAMA & SILVA JUNIOR, 1988).

Frutos podem apresentar padrão de crescimento sigmoidal simples, frequentemente sendo detectada uma fase logarítmica, uma fase linear e uma fase de declínio até o final da maturação, como pepino (HURR et al., 2009), jiló (MENDES, 2013), tangerina Poncã (ESPOSTI et al., 2008); ou podem apresentar uma curva de crescimento sigmoidal duplo, como frutos de pêssigo (SILVA et al., 2013), damasco (SABBO et al., 2009), na qual a primeira fase é de crescimento lento, seguida por uma fase logarítmica, produzindo uma segunda parte sigmoide da curva.

Em geral, a primeira fase do crescimento do fruto ocorre principalmente por divisão celular, com posterior aumento do volume das células até o amadurecimento do fruto (CRANE, 1964). Em abobrinha (*C. pepo*) o crescimento do ovário antes da antese consiste de ambos, divisão e alongamento celular, próximo da antese o crescimento passa a ser somente por alongamento celular (PUIATTI & SILVA, 2005).

A curva de crescimento é obtida acompanhando-se o aumento do volume, massa fresca e seca, comprimento, diâmetro, em função do tempo de crescimento (ÁLVARES et al., 2004). A curva de crescimento é caracterizada principalmente pelo aumento da massa fresca, em relação à matéria seca (WUBS et al., 2012), visto que essa pode não apresentar uma assíntota horizontal clara, não caracterizando uma sigmoide (BARRERA et al., 2008; WUBS et al., 2012).

Durante o processo de crescimento, amadurecimento e senescência dos frutos, as mudanças qualitativas, como a relação dos pigmentos de clorofila e carotenoides, são de grande importância, visto que a alteração de cor do verde para o amarelo em frutos de maxixe caracteriza a senescência desses.

As clorofilas e carotenoides encontram-se estruturados nas membranas dos cloroplastos de modo a otimizar a absorção de luz e a transferência de energia de excitação para os centros de reações da fotossíntese (KERBAUY, 2012). Todas as clorofilas têm uma complexa estrutura em anel e uma longa cauda de hidrocarbonetos, diferindo a clorofila b da clorofila a apenas pela substituição do grupo metila, ligado ao anel, pelo grupo formila (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Carotenoides são o segundo grupo de pigmentos mais abundantes do planeta, com importante função de absorção de luz nos complexos de captação, atuando como pigmentos acessórios e desempenham papel de foto proteção do aparato fotoquímico (KERBAUY, 2012).

Durante a senescência, as clorofilas são degradadas, iniciando pela remoção da cauda de fitol pela clorofilase, e após uma sequência de reações o tetrapirrol, produto final das reações, é modificado para formar produtos hidrossolúveis e incolores, que são exportados e permanentemente armazenados no vacúolo (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Durante o processo de desenvolvimento dos frutos, as alterações metabólicas são responsáveis também pelas mudanças fisiológicas, sendo a taxa respiratória um indicador do nível de demanda metabólica. Assim, plantas, órgãos ou tecidos jovens respiram mais rapidamente do que plantas, órgãos ou tecidos velhos. A alta taxa de respiração durante os estádios iniciais de crescimento está presumivelmente relacionada aos requerimentos de energia e de esqueletos de carbono para as células que estão em processos de divisão e de alongamento. Quando a planta ou órgão aproxima-se da

maturidade, o crescimento e as demandas metabólicas a ele associadas também decrescem (HOPKINS, 2000).

Os frutos de maxixe tem curto período pós-colheita, tornando-se amarelecidos e sem valor comercial (SILVA et al., 2015), fato que pode estar associado à sua colheita desuniforme. Para os frutos de maxixe, ainda não é conhecida a cinética do crescimento. Avaliar os processos de desenvolvimento e a fisiologia dos frutos permite estabelecer o momento oportuno de aplicação dos tratamentos culturais e o período adequado da colheita, visando estender o período pós-colheita e manutenção da qualidade.

O objetivo do trabalho foi caracterizar as alterações físicas, químicas e fisiológicas de frutos de maxixe de duas variedades comerciais, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, determinando a curva de crescimento dos frutos de ambas as cultivares e o ponto de colheita comercial ideal dessas variedades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, localizada à latitude de 20°45'14" sul, longitude 42°52'55" oeste e 650 metros de altitude, nos anos de 2014 e 2015. Sementes de duas cultivares de maxixe, Maxixe do Norte, adquirido da empresa Isla e Maxixe liso de Calcutá, proveniente da empresa Feltrin, foram utilizadas para a aquisição das mudas. A semeadura foi feita em bandeja de poliestireno contendo substrato comercial. Após 26 dias foi realizado o transplante para canteiros de 10 x 1 m, com espaçamento de 2,5 m entre plantas. Antes do transplante foi realizado o preparo dos canteiros com terra de barranco e a adubação feita de acordo com o recomendado para a cultura do pepino (MODOLO, 2003a), com base na análise do solo.

As mudas foram conduzidas no modo rasteiro. O controle fitossanitário foi realizado preventivamente e ao longo do desenvolvimento, quando necessário. O sistema de irrigação foi por gotejamento.

Durante o período de florescimento, flores femininas foram identificadas com fitas de diferentes cores, logo após a abertura floral, para o controle do desenvolvimento do fruto (Figura 1).

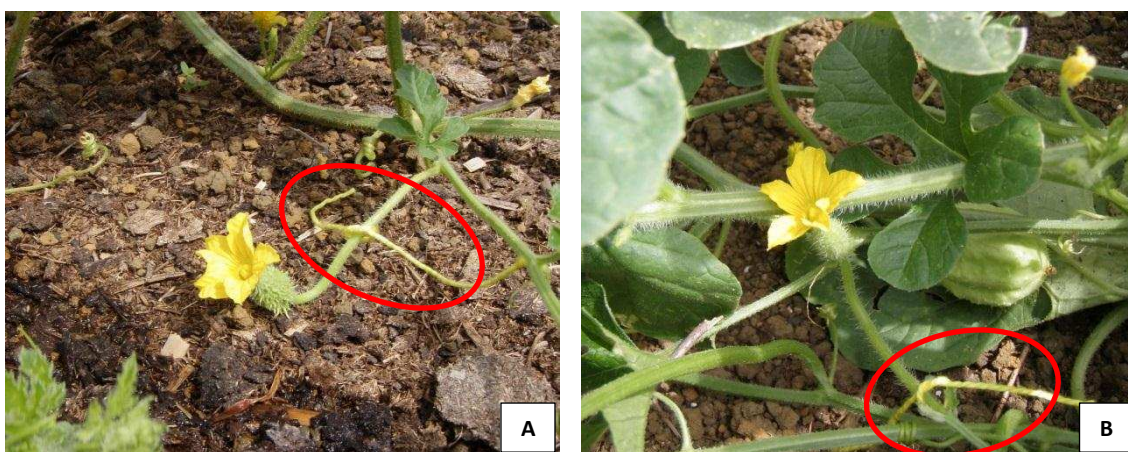


Figura 1. Flor feminina de maxixe, variedade Maxixe do Norte (A) e variedade Maxixe Liso de Calcutá (B), marcadas com linha amarela para controle do desenvolvimento do fruto.

Os frutos foram colhidos nos dias 1, 3, 6, 10, 13, 15, 17, 19 e 22 após a antese. Após cada colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da UFV, onde foram selecionados quanto à uniformidade e analisados quanto às seguintes características físico-químicas e fisiológicas:

2.1. Diâmetros longitudinal e transversal: As medidas foram determinadas com o uso de paquímetro digital marca Digimess, sendo expressas em milímetro (mm).

2.2. Volume: Os frutos foram imersos em proveta graduada com água. O volume de água deslocado após a imersão do fruto correspondeu ao volume dos frutos, em mL.

2.3. Massa fresca: Os frutos foram pesados em balança digital de precisão.

2.4. Massa seca: Os frutos, após terem sido cortados, foram colocados em estufa a 65 °C por aproximadamente 72 h. Após serem retirados da estufa foram transferidos para dessecador para resfriarem até alcançarem temperatura ambiente e, então, foram pesados em balança analítica. Os resultados foram expressos em g.

2.5. Sólidos Solúveis Totais: Uma gota do suco oriundo da polpa do fruto prensada foi avaliada quanto °Brix, usando-se refratômetro digital Hanna HI 96801.

2.6. Acidez Total Tituável: A acidez foi determinada segundo técnica recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Inicialmente, 5 g da polpa de frutos foram trituradas com água deionizada, completando-se o volume para 50 mL. Em seguida, foram adicionadas gotas da solução do indicador fenolftaleína, sendo realizada a titulação com NaOH 0,1 N previamente padronizado, sob agitação constante, até a coloração rósea persistir por 30 segundos.

2.7. Clorofila: O teor de clorofila foi determinado de acordo com Lichtenthaler (1987). Para isso, foram retiradas 2 g das cascas bem finas dos frutos. Após serem pesados foram maceradas em almofariz em câmara escura, com 7 mL de acetona 80% (v/v) e uma alíquota de areia lavada. O extrato foi filtrado, em papel filtro, e recebido em balões volumétricos envolvidos com papel alumínio para proteção contra a luminosidade. Posteriormente, completou-se o volume do extrato cetônico com acetona 80% (v/v), em um balão de 25 mL. As absorvâncias do extrato cetônico foram lidas em um espectrofotômetro, nos comprimentos de onda a 646,8 e 663,2 nm. O teor de clorofila, expresso em mg/L, foi calculado pela fórmula:

$$\text{Clorofila a (Ca)} = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8}$$

$$\text{Clorofila b (Cb)} = 21,5 \times A_{646,8} - 5,10 \times A_{663,2}$$

$$\text{Clorofila a + b (T)} = 7,15 \times A_{663,2} + 18,71 \times A_{646,8}$$

2.8. Carotenoides totais: O teor de carotenoides totais foi determinado de acordo com Lichtenthaler (1987), utilizando o mesmo extrato preparado para a determinação de clorofila, sendo as leituras de absorvâncias realizadas em 470,0 nm. A concentração foi estimada de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \times A_{470} - 1,82 \times Ca - 85,02 \times Cb) / 198 = \text{mg/L}$$

2.9. Açúcares solúveis

➤ **Extração:** Aproximadamente 5 g de cada amostra foram pesados, e sobre elas vertido etanol 80% a 65 °C. As amostras foram maceradas em etanol 80% e centrifugadas, seguida de filtração em balão volumétrico de 50 mL, esse processo foi realizado por três vezes e o volume final dos balões foi completado para 25 mL. O resíduo retido em papel filtro foi seco em estufa a 65 °C por 24 h e armazenado em dessecador para posterior determinação do amido. O extrato alcoólico foi armazenado, sob refrigeração, em vidros vedados, para a quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

➤ **Quantificação dos Açúcares solúveis totais:** A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). Inicialmente, foi preparada uma solução de sacarose 1% para realização da curva padrão. Sempre em duplicata, 250 µL das amostras, diluídas 20 vezes, foram pipetadas em tubo de ensaio e adicionados 250 µL de Fenol 5%, seguidos de agitação em vortex. Aos tubos foram adicionados 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado e agitados novamente. Após banho-maria à temperatura de 30 °C, por 20 min, os tubos foram novamente agitados e postos em temperatura ambiente por 30 min e realizada a leitura em $\lambda = 490$ nm em espectrofotômetro. A partir da absorbância foram realizados os cálculos com as devidas correções das diluições e o resultado expresso em % AST.

➤ **Quantificação dos Açúcares redutores:** A quantificação dos açúcares redutores (AR) foi feita segundo a metodologia de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Com solução de glicose 1% foi obtida a curva padrão. Após diluir as amostras 20 vezes, sempre em duplicata, 200 µL do extrato alcoólico foi transferido para micro tubos, em seguida foram adicionados 200 µL do reagente de Nelson 4. Os micro tubos foram agitados e incubados por 15 minutos em água fervente. Após resfriar em água, adicionou-se 200 µL da solução arsenomolibdica, com posterior agitação dos micro tubos. Posteriormente foram adicionados 600 µL de água deionizada e novamente agitados. As leituras no espectrofotômetro foram realizadas a 540 nm, sendo os resultados expressos em %.

➤ **Quantificação dos Açúcares não redutores:** Os açúcares não redutores (ANR) foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais e expressos em % ANR.

2.10. Teor de amido: Do resíduo proveniente da extração dos açúcares solúveis totais, foi determinado o teor de amido mediante metodologia descrita por McCREADY et al. (1950). O amido seco a 65 °C por 24 h, foi pesado e macerado em cadinho. Depois de vertidos em tubo de centrífuga foram adicionados 2,5 mL de água deionizada e 3,25 mL de ácido perclórico 52% (v/v), agitados e deixados em repouso por 30 min, seguindo-se de centrifugação a 2000 g, por 15 minutos, e o sobrenadante coletado em proveta de 25 mL. Esse procedimento foi realizado por 3 vezes. O precipitado foi descartado e o volume final completado com água deionizada. O extrato ficou armazenado em geladeira até o momento da quantificação. O resultado foi expresso em % de amido.

2.11. Respiração e produção de etileno dos frutos: Os frutos foram colocados individualmente em recipientes com volume variando de acordo com o tamanho do fruto, sendo hermeticamente fechados para acúmulo de CO₂ e etileno. A amostra do ar contido dentro dos frascos foi retirada após 1 hora de acúmulo de CO₂ através de uma seringa de 1 mL. O conteúdo da seringa foi injetado no cromatógrafo gasoso modelo CG-14B (ShimadzuCrop Kyoto Japan), com coluna empacotada Porapak-Q e detector por ionização em chama para análise de etileno. Para análise de CO₂, detector por condutividade térmica.

2.12. Delineamento experimental: O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. O experimento foi composto de quatro repetições e a unidade experimental constituída de um fruto de maxixe. Os dados foram analisados por meio de análise de regressão. Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = SQReg / SQtrat$) e no comportamento biológico em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa fresca acumulada, dos frutos das duas cultivares estudadas, apresentou um comportamento de crescimento sigmoidal simples (Figura 2). A cultivar Maxixe do Norte apresentou valores superiores aos valores da cultivar Maxixe Liso de Calcutá ao longo do desenvolvimento dos frutos, porém, ao final do período de avaliação as cultivares apresentaram valores semelhantes, 78 e 77,4 g, respectivamente.

A evolução do crescimento no modelo sigmoide simples é caracterizada por 3 fases. Inicialmente, ocorre a divisão celular com o mínimo da expansão celular e do fruto, seguido de uma segunda fase onde ocorre expansão celular e um aumento rápido no tamanho dos frutos, seguido da terceira fase, fase estacionária, onde ocorre o desenvolvimento das características relacionadas ao amadurecimento (HURR et al., 2009). Os frutos de maxixe apresentaram um crescimento inicial lento, seguido de aumento exponencial da massa fresca, onde a taxa máxima de crescimento ocorreu aos 9,52 dias para ‘Maxixe do Norte’ e aos 10,35 dias para ‘Maxixe liso de Calcutá’, correspondendo a uma massa fresca de 39,6 e 39,3 g, respectivamente. Posteriormente, ocorreu redução na taxa de crescimento e estabilização do crescimento dos frutos. O aumento da massa fresca tende a estabilizar com 15,3 dias após a antese, em frutos da cultivar Maxixe do Norte, e com 15,8 dias após a antese, em frutos do cultivar Maxixe liso de Calcutá.

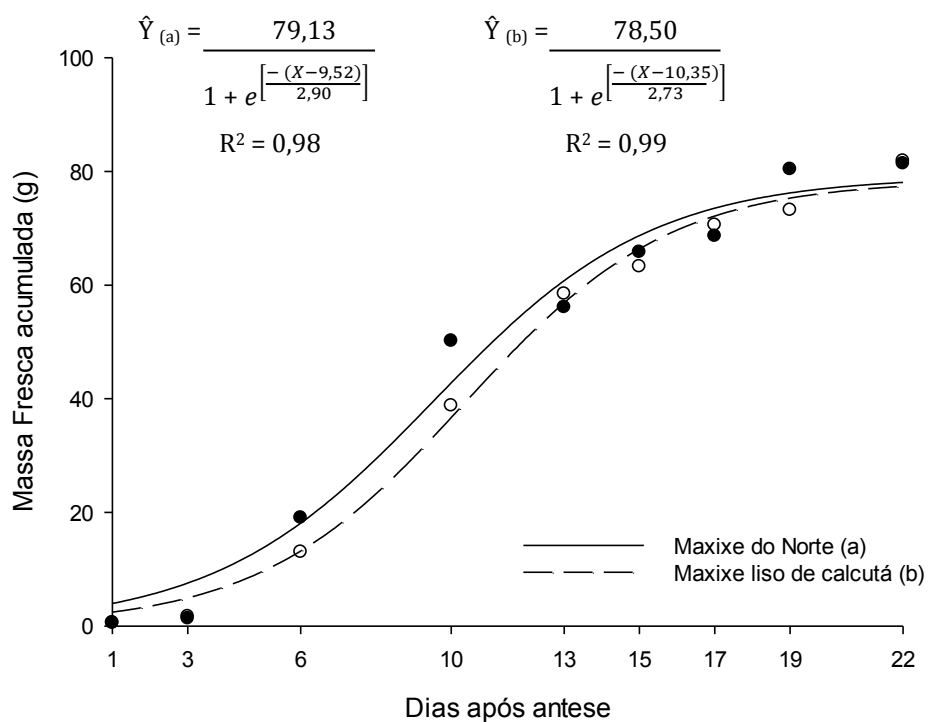


Figura 2. Valores estimados de massa fresca acumulada (g) ao longo dos dias de desenvolvimento dos frutos (dias após a antese), para frutos de Maxixe do Norte (a) e para frutos de Maxixe Liso de Calcutá (b).

Esse comportamento também é observado em frutos de pepino (HURR et al., 2009) e em pimentão (*Capsicum annuum*) (WUBS et al., 2012), onde os frutos apresentam curva do tipo sigmoide com 3 fases distintas.

No entanto, assim como em frutos do pepino, maxixe deve ser colhido em um estágio imaturo, antes de alcançar a fase de estabilização na curva de crescimento e atingir o tamanho máximo e maturação fisiológica. Tamanho e coloração verde são os critérios de seleção primários para a qualidade do fruto de maxixe.

O aumento do diâmetro longitudinal dos frutos iniciou de maneira linear, não apresentando a primeira fase de uma sigmoide, em ambas as cultivares (Figura 3). Os frutos obtiveram a maior taxa de crescimento longitudinal aos 5,69 e 5,65 dias para as cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, respectivamente, apresentando valores de 30,32 e de 35,45 cm respectivamente. Assim como a taxa máxima de aumento do diâmetro longitudinal, a estabilidade também foi obtida mais cedo, comparada à massa fresca, aos 11,69 dias para a cultivar Maxixe do Norte e aos 13,61 dias para ‘Maxixe liso de Calcutá’, com valores de 60,6 e 70,9 cm, respectivamente.

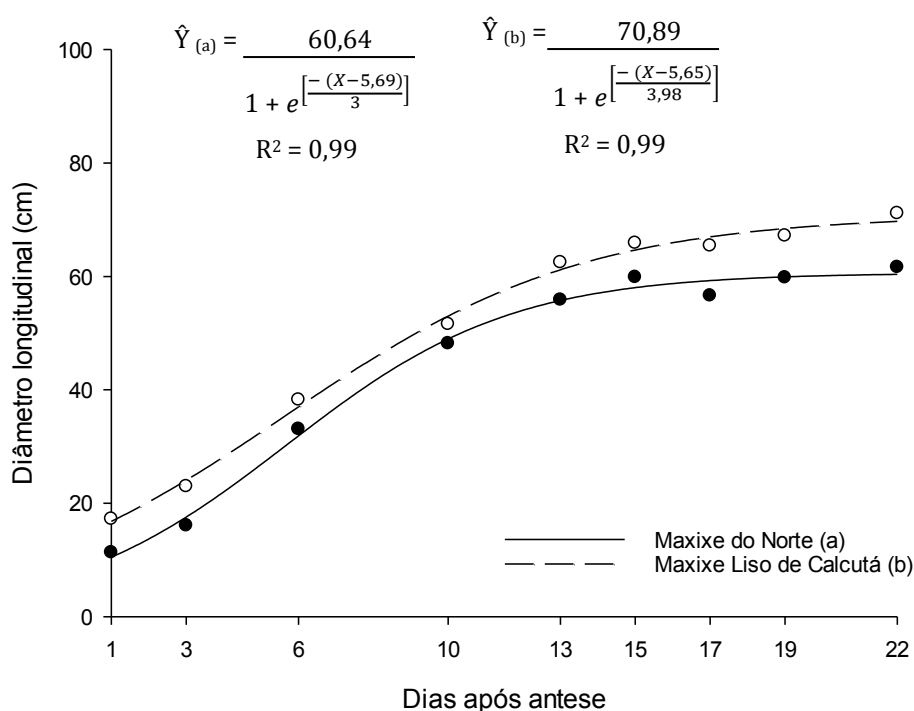


Figura 3. Valores estimados do diâmetro longitudinal (cm) dos frutos em função dos dias de desenvolvimento (dias após a antese), para frutos de ‘Maxixe do Norte’ (a) e para frutos de ‘Maxixe liso de Calcutá’ (b).

O mesmo comportamento pode ser observado na Figura 4 para o aumento do diâmetro transversal. A taxa máxima de crescimento foi alcançada aos 5,61 dias para ‘Maxixe do Norte’ e 6,08 dias para ‘Maxixe Liso de Calcutá’, com valores de 24,64 e de 22,90 cm, respectivamente.

Para esse parâmetro, os frutos apresentaram estabilidade no crescimento aos 11,47 e 11,9 dias para a cultivar Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, respectivamente, semelhante à época em que os frutos tiveram estabilidade no aumento do diâmetro longitudinal, atingindo valor máximo de 49,2 e 45,8 cm, para as cultivares Maxixe do Norte e Maxixe liso de Calcutá, respectivamente.

A ausência da fase lag também foi observada em pepino cv. Manar (HURR et al., 2009), sendo essa variação no aumento de tamanho ao longo do crescimento dos frutos dependente da espécie (MENDES, 2013).

Na maioria das plantas, o crescimento dos frutos inicia com o desenvolvimento do ovário (GILLASPY et al., 1993). A ausência da fase de aumento da taxa de diâmetro longitudinal e transversal dos frutos de maxixe é devido a esse desenvolvimento do ovário anterior à antese.

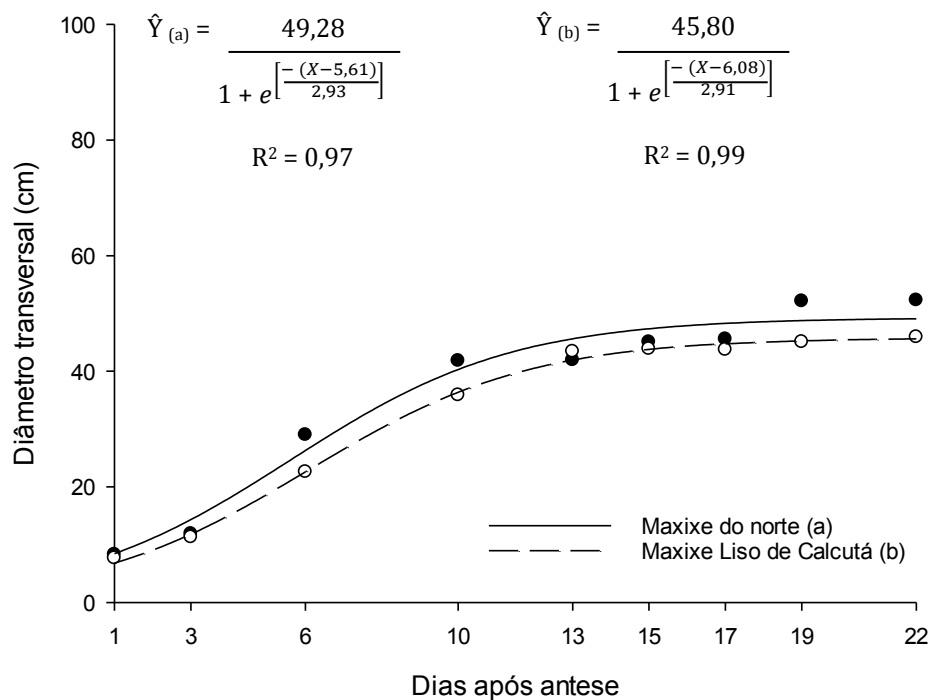


Figura 4. Estimativa do diâmetro transversal (cm) dos frutos em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese), para frutos de Maxixe do Norte (a) e para frutos de Maxixe liso de Calcutá (b).

A curva do comportamento dos frutos quanto ao aumento do volume apresenta três fases distintas (Figura 5). O aumento do volume dos frutos, para ambas cultivares, iniciou-se lentamente iniciando um aumento exponencial a partir de 3,8 e 5,3 dias após a antese para as variedades Maxixe do Norte e Maxixe liso de Calcutá, respectivamente. Esse aumento exponencial em volume ocorreu até 15,51 dias em frutos do ‘Maxixe do Norte’ e com 18,18 dias para ‘Maxixe liso de Calcutá’, quando o volume dos frutos estabilizou e atingiu valores médios de 82,8 e 84,1 mL, respectivamente. A taxa máxima de aumento do volume nos frutos ocorreu aos 9,67 dias para frutos da cultivar Maxixe do Norte e 11,76 dias para ‘Maxixe liso de Calcutá’.

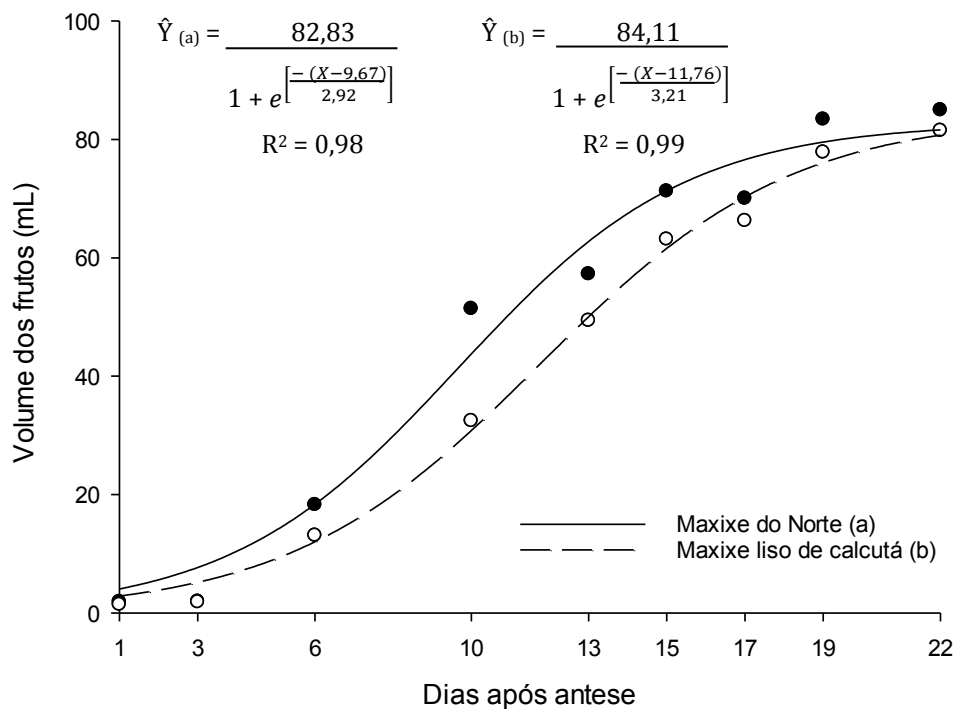


Figura 5. Valores estimados do volume dos frutos (mL) em função dos dias de desenvolvimento (dias após a antese), para frutos de Maxixe do Norte (a) e para frutos de Maxixe liso de Calcutá (b).

Os frutos da cultivar Maxixe do Norte apresentaram ângulo de inclinação com o eixo x maior que o ângulo de inclinação da cultivar Maxixe Liso de Calcutá, o que

mostra que os frutos ‘Maxixe do Norte’ apresentaram aumento de volume mais rápido, atingindo o volume máximo primeiro (Figura 5).

Frutos da mesma idade podem apresentar diferentes volumes devido às diferenças na oferta de assimilados, por outro lado, frutos de similar volume podem apresentar diferença na massa seca, causado por variação na idade que influencia o teor de massa seca dos frutos (WUBS et al., 2012).

A presença de espículos, característica intrínseca da cultivar Maxixe do Norte, possivelmente contribuiu para o maior volume dos frutos, assim como para o maior diâmetro transversal, o que não foi observado para diâmetro longitudinal, visto que os frutos não têm crescimento de espículos nas extremidades.

Na Figura 6 são apresentadas as características visuais dos frutos das duas cultivares. Pode-se observar o aumento expressivo em tamanho no início do crescimento dos frutos, a partir do 13º dia após a antese a taxa de crescimento é reduzida.

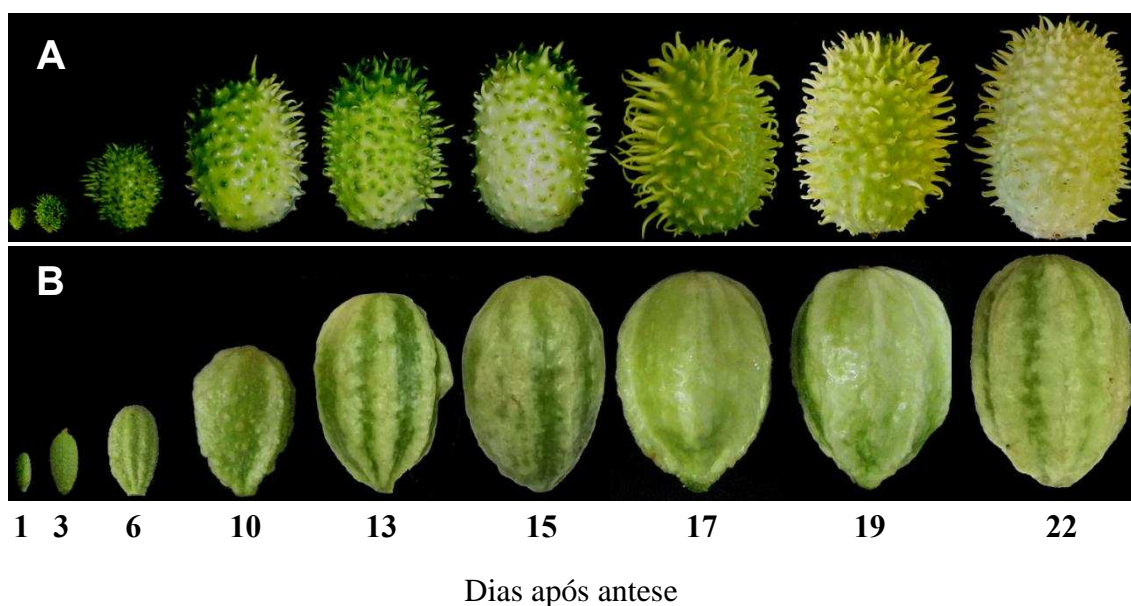


Figura 6. Características visuais dos frutos de maxixe das variedades Maxixe do Norte (A) e Maxixe liso de Calcutá (B) em função dos dias de desenvolvimento (dias após a antese).

O conteúdo de massa seca dos frutos, de ambas as cultivares, ajustou-se ao modelo sigmoidal simples, com acréscimo ao longo do desenvolvimento (Figura 7). O aumento do conteúdo de massa seca iniciou-se aos 5,9 e 5,1 dias, para as cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, respectivamente. A taxa de crescimento máximo ocorreu aos 15,35 dias para ‘Maxixe do Norte e 12,36 dias para ‘Maxixe Liso de Calcutá’. A estabilização da massa seca do fruto, de ‘Maxixe Liso de Calcutá’, começou aos 19,62 dias, com 88% da massa seca máxima atingida. Já em frutos de ‘Maxixe do Norte’ a estabilização do conteúdo de massa seca dos frutos não se deu durante o período avaliado, não sendo verificada uma assíntota horizontal superior, assim como em frutos de pimenta (BARRERA et al., 2008; WUBS et al., 2012). Os frutos alcançaram no último dia de avaliação 80,5 % do conteúdo máximo de massa seca.

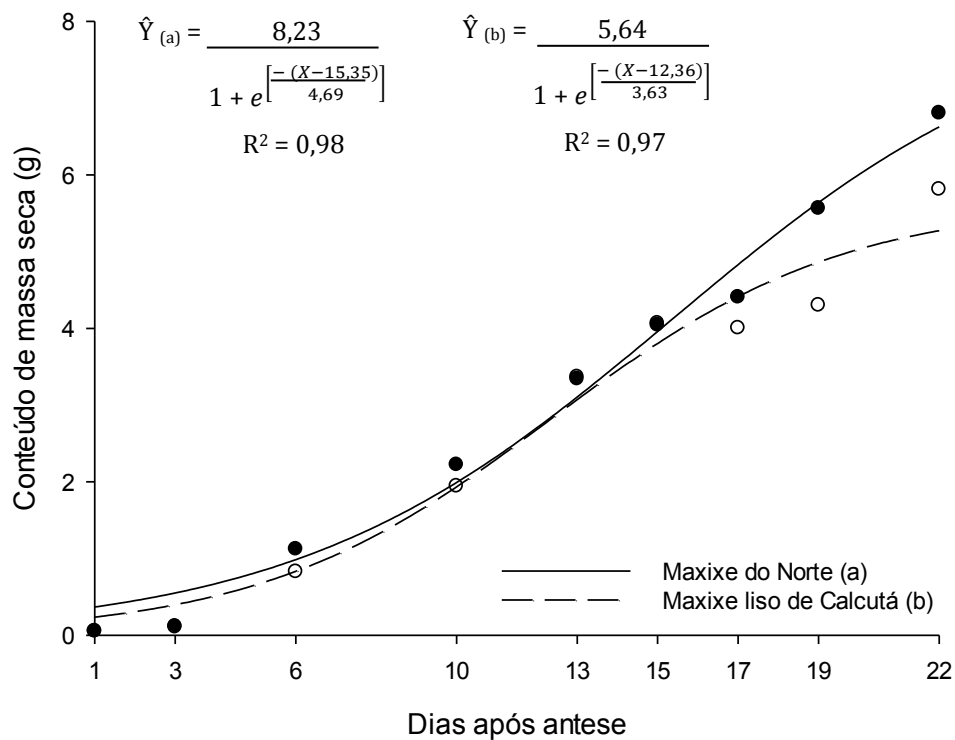


Figura 7. Valores estimados do conteúdo de massa seca dos frutos em função dos dias de desenvolvimento (dias após a antese), para frutos de Maxixe do Norte (a) e para frutos de Maxixe liso de Calcutá (b).

As variedades apresentaram elevada taxa respiratória inicial, aproximadamente $1000 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para 'Maxixe do Norte' e $600 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para 'Maxixe liso de Calcutá', com imediata redução (Figura 8). A partir do terceiro dia após a antese, os frutos apresentaram elevação na taxa de CO_2 com pico de respiração no 6º dia, decrescendo após esse período. A partir do 10º dia, novamente, ocorreu aumento da respiração, porém em menor intensidade, com redução a partir do 13º dia, mantendo-se praticamente constante a partir do 15º dia, para ambas as variedades.

Na respiração vegetal, o carbono celular reduzido, gerado durante a fotossíntese, é oxidado a CO_2 e água, e essa oxidação é acoplada à síntese de ATP, a qual pode ser prontamente utilizada para a manutenção e desenvolvimento da planta (TAIZ & ZEIGER, 2009).

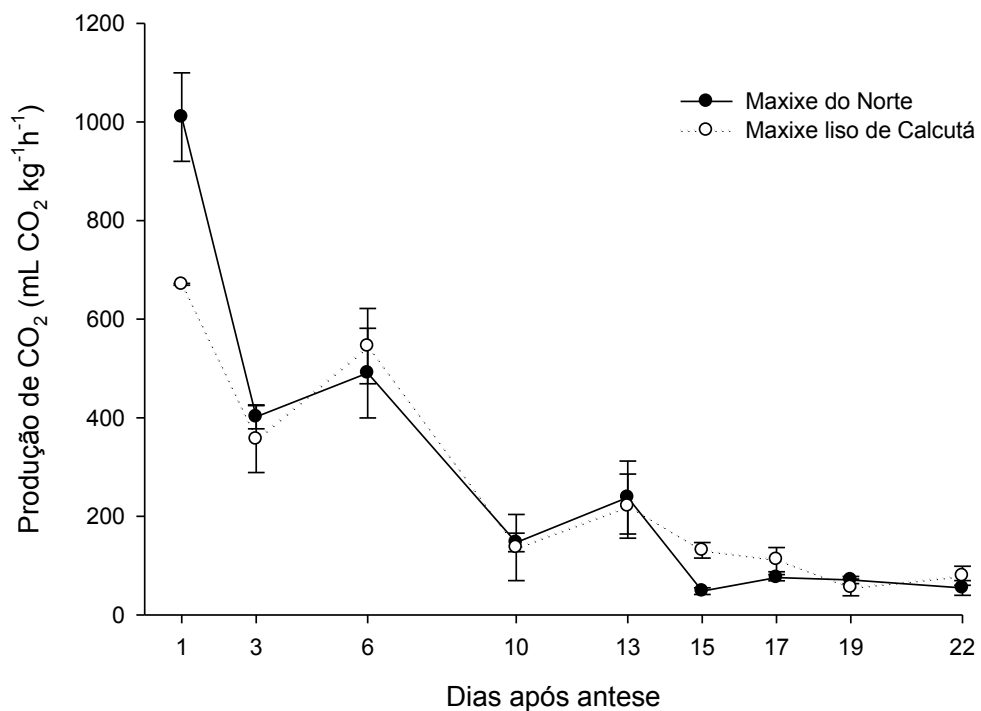


Figura 8. Produção de CO_2 ($\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) ao longo do desenvolvimento dos frutos, em dias após a antese, para frutos das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá.

A elevada produção de CO₂ no 6º dia após antese, possivelmente é resultado da intensa atividade celular nas fases iniciais de formação do fruto, ocasionada pela elevada taxa de divisão celular (MATARAZZO et al., 2013). Essa maior atividade metabólica proporciona taxa respiratória mais intensa, não estando relacionado com o padrão climatérico do fruto (JOAS et al., 2012). 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).

Durante o processo de amadurecimento, alguns frutos podem apresentar aumento da taxa respiratória, chamado de climatérico. A elevação da taxa respiratória a partir do 10º dia pode estar associada a esse processo. Ainda não é conhecido se frutos de maxixe são climatéricos ou não.

A produção de etileno em frutos maxixe, das duas variedades, analisado desde o início do crescimento até a senescência não foi detectada no cromatógrafo. Possivelmente o etileno produzido foi menor que 50 ppb, quantidade mínima detectada pelo cromatógrafo. Logo, vias independentes de etileno também estão envolvidas no processo de maturação (GIOVANNONI, 2004), ou este hormônio mesmo em baixíssimas quantidades pode desempenhar sua função na maturação dos frutos.

Durante o desenvolvimento e maturação, reações químicas alteram a aparência e as características organolépticas dos frutos. Os teores de sólidos solúveis, acidez, açúcares solúveis, clorofila e carotenoides vão sendo alterados ao longo do desenvolvimento dos frutos. Os sólidos solúveis (°Brix) juntamente com a acidez são utilizados como referência de sabor para muitos frutos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Os sólidos solúveis (°Brix) reduziram ao longo do desenvolvimento dos frutos (Figura 9). ‘Maxixe do Norte’, inicialmente, tinha 5,4 °Brix apresentando uma redução de 40% ao longo do desenvolvimento, acarretando em valor final de 3,2 °Brix. Frutos de ‘Maxixe liso de Calcutá’ caracterizavam-se com 6,5 °Brix com um dia após a antese, valor superior à outra variedade estudada, porém apresentou redução de 48% ao longo do desenvolvimento dos frutos, resultando em valor final de 3,4 °Brix.

Os sólidos solúveis totais podem ser estimados através dos parâmetros obtidos, em função do desenvolvimento dos frutos. As equações estimadas com seus respectivos coeficientes de determinação estão inseridas na figura abaixo (Figura 9).

Praticamente em todos os frutos, quanto mais elevado o teor de SST mais maduro e doce é a amostra. As hortaliças, por outro lado, por não apresentarem esse doce característico das frutas, tendem a perder SST, como mostrado em trabalhos com jiló (MENDES, 2013) e quiabo (OTONI et al., 2006). Essa redução do teor de sólidos solúveis possivelmente foi em função da utilização dos substratos orgânicos no metabolismo relacionado à respiração associada ao crescimento e manutenção das atividades e das estruturas celulares (TAIZ & ZEIGER, 2009).

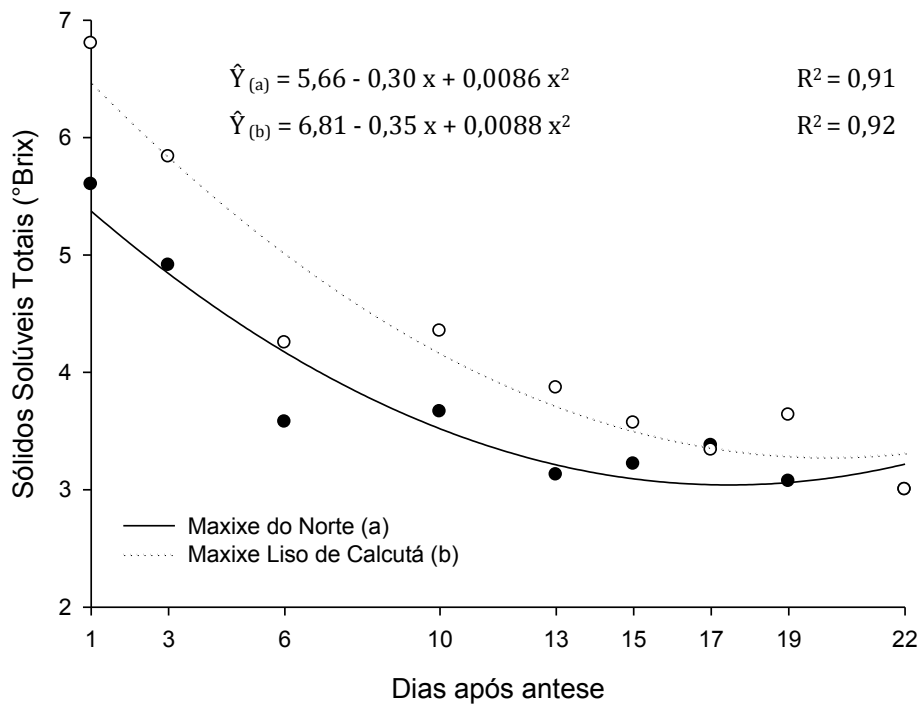


Figura 9. Valores estimados de Sólidos Solúveis Totais (°Brix) dos frutos em função dos dias de desenvolvimento (dias após a antese), para frutos de ‘Maxixe do Norte’ (a) e para frutos de ‘Maxixe liso de Calcutá’ (b).

Os frutos das variedades estudadas tiveram comportamento polinomial para o teor de ATT (Figura 10), com expressiva redução até o dia 10 e 12,2 após antese, com valores de 0,096% e 0,092% de ácido cítrico, respectivamente, para as cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, com posterior elevação.

A redução na acidez total titulável em frutos de maxixe está relacionada com o aumento da respiração na fase de crescimento dos frutos, mostrado na Figura 8. Os

ácidos orgânicos diminuem em decorrência do processo respiratório ou da sua conversão em açúcares, sendo excelente reserva energética do fruto, através de sua oxidação no ciclo de Krebs (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O expressivo aumento na acidez pode estar relacionado à senescência dos frutos, que já se apresentavam amarelados e, possivelmente, a permeabilidade das membranas celulares encontrava-se alterada. Em processo de decomposição dos frutos, as concentrações de íons de hidrogênio tendem a ser modificadas (SANTOS et al., 2009), sendo os níveis de acidez dos frutos indicadores de seu estado de conservação (PRATES, 2012).

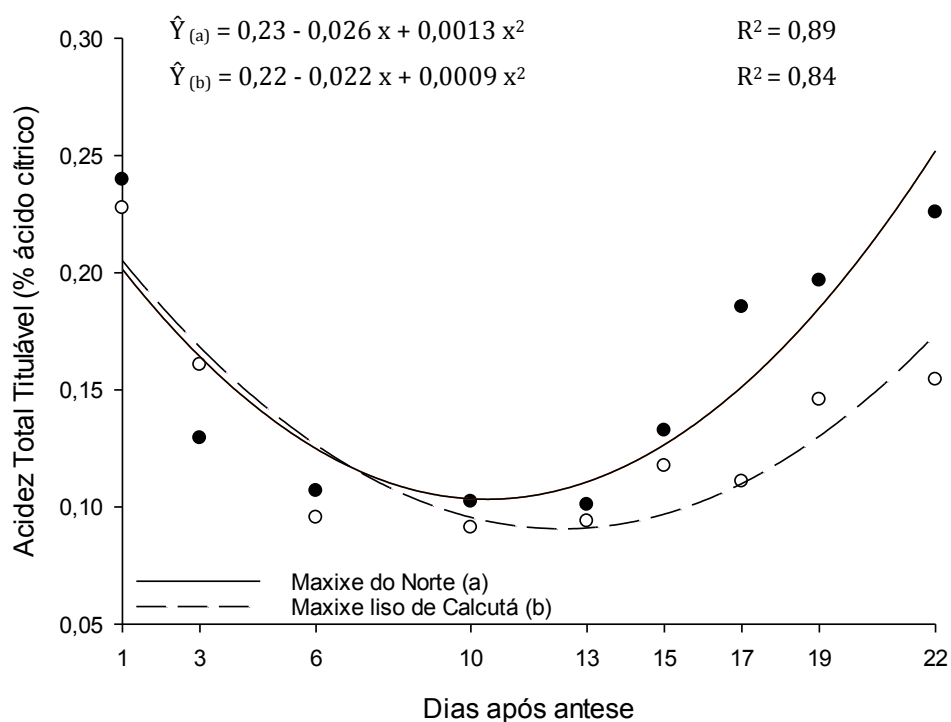


Figura 10. Valores estimados da acidez total titulável (% ácido cítrico) em função dos dias de desenvolvimento (dias após a antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

Os açúcares solúveis totais (AST) apresentaram um comportamento quadrático negativo ao longo do desenvolvimento dos frutos de maxixe (Figura 11). O ‘Maxixe do Norte’ teve um aumento de 1,6 vezes no teor de AST até o dia 11,5, quando apresentou

valor máximo, 1,9 %. Inicialmente, os frutos apresentavam teor de 1,2 % de AST, mesmo valor encontrado com 22 dias de desenvolvimento. A cultivar Maxixe Liso de Calcutá também apresentou acréscimo de 1,6 vezes até o dia 11,8 após a antese, quando possuíam teor máximo de AST, 1,8 %. Posteriormente, reduziu até o final do período avaliado, com valor similar ao inicial, 1,1%.

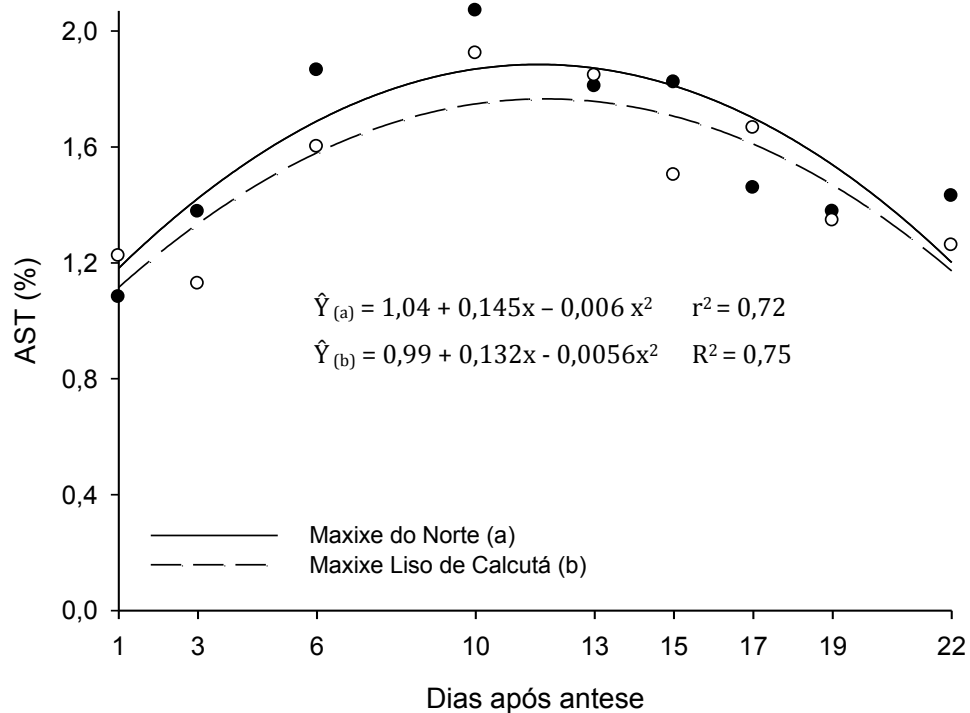


Figura 11. Valores estimados dos teores de açúcares solúveis totais (AST) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

Os açúcares redutores apresentam o mesmo comportamento que os AST, com incremento do conteúdo ao longo do desenvolvimento dos frutos, seguida de redução, para ambas as cultivares (Figura 12). O ‘Maxixe do Norte’ apresentou um acúmulo até o dia 13,3, com valor máximo de 1,6 %. Já na cultivar Maxixe Liso de Calcutá ocorreu elevação do teor de AR até o 14,7 dia após a antese, com valor de 1,7 %. Esse aumento foi expressivo nas duas cultivares, 3,4 vezes o valor exibido por estas inicialmente.

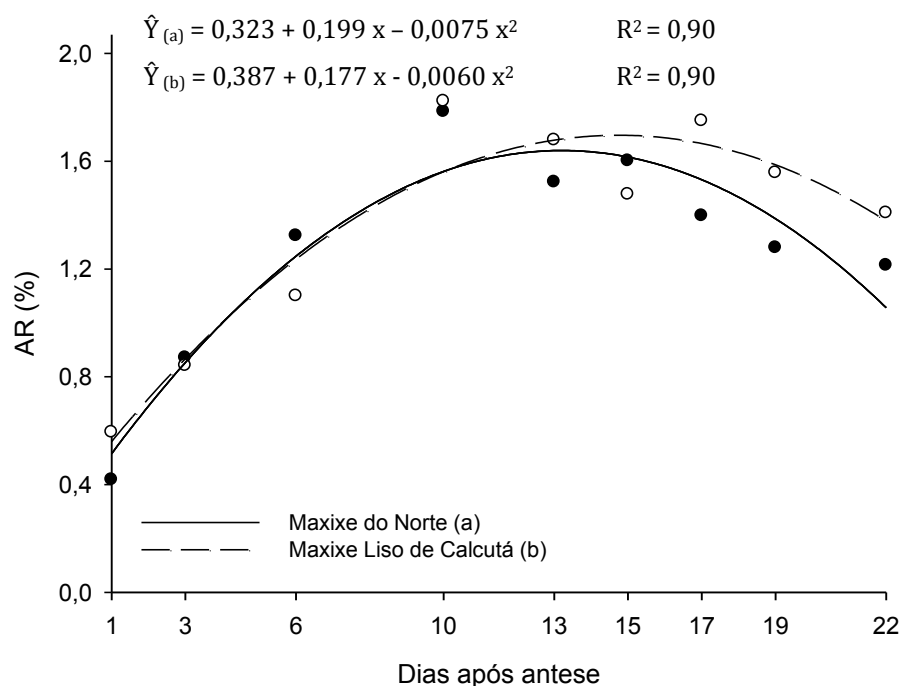


Figura 12. Valores estimados dos teores de açúcares redutores (AR) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

O teor dos açúcares não redutores reduziu ao longo do desenvolvimento dos frutos, apresentando comportamento polinomial decrescente para as variedades estudadas (Figura 13). Os frutos de ‘Maxixe do Norte’ apresentaram valor inicial de 0,66 % com redução de 4,1 vezes até o dia 20,7, quando foi verificado o menor valor para esse parâmetro. Os frutos ‘Maxixe Liso de Calcutá’ apresentaram um menor teor inicial, 0,56%, seguido de redução até o ultimo de avaliação, atingindo valores nulos.

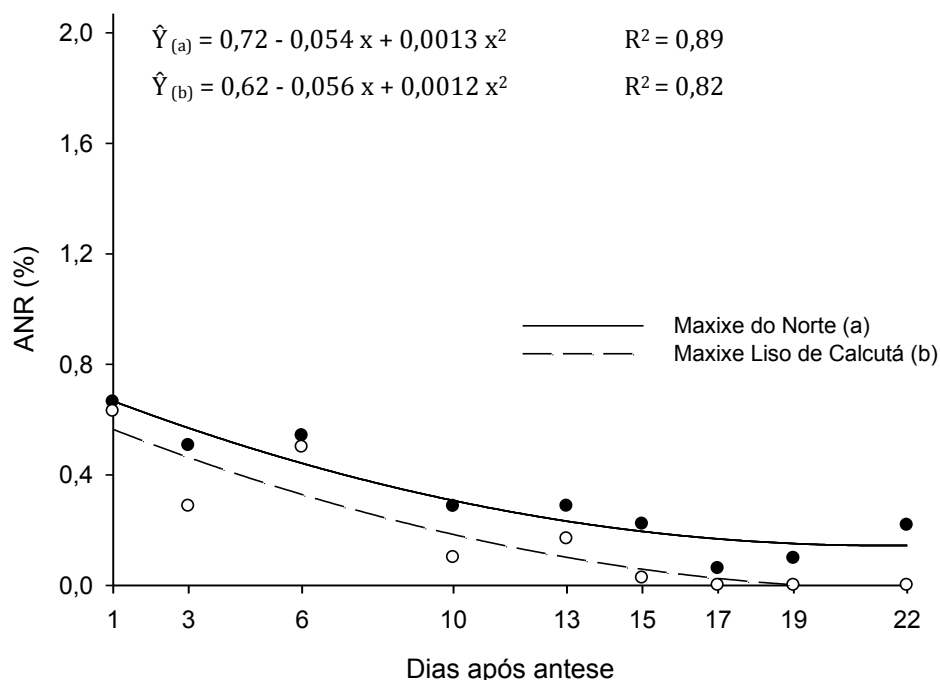


Figura 13. Valores estimados dos açúcares não redutores (ANR) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

Os açúcares não redutores são os principais constituintes dos frutos de maxixe no início do seu desenvolvimento, contribuindo com 55,9% do teor de AST em ‘Maxixe do Norte’ e 50,5% do teor de AST em ‘Maxixe liso de Calcutá’ (Tabela 1). Porém, em ambas as variedades ocorrem expressiva redução no teor desses açúcares, atingindo valor de 10,9% dos AST no final do desenvolvimento dos frutos de ‘Maxixe do Norte’ e valores nulos em ‘Maxixe liso de Calcutá’.

Ao contrário desse comportamento, os açúcares redutores apresentam inicialmente 44,1% e 49,5% do total de açúcar nas cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá. Ao longo do desenvolvimento esses açúcares passaram a ser predominante, atingindo valores de 85,1% e 91,4%, quando os frutos apresentavam alta taxa de crescimento, mantendo-se elevados até o final do amadurecimento, com 89,1% e 100% do teor de AST, respectivamente, para as cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá.

Alto teor de AR resulta em polpa mais adocicada (BARROS et al., 2012), porém, apesar dos AR serem predominantes em frutos de maxixe na maturidade

comercial, seus valores não excedem 1,6 % em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe liso de Calcutá’, respectivamente. Ao contrário de frutos de melancia, que possuem sabor adocicado, apresentando aproximadamente 7% de AR na época da colheita (ARAÚJO NETO et al., 2000).

TABELA 1. Estimativa da composição dos açúcares solúveis nas três fases do desenvolvimento dos frutos de maxixe das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe liso de Calcutá. (DAA = Dias após antese)

Variedade Maxixe do Norte			
Açúcares (%)	1 DAA	11 DAA	22 DAA
AR	44,1	85,1	89,1
ANR	55,9	14,9	10,9
Variedade Maxixe liso de Calcutá			
Açúcares (%)	1 DAA	11 DAA	22 DAA
AR	49,5	91,4	100
ANR	50,5	8,6	0

A quantidade inicial de açúcares não redutores nos frutos se deve à força drenó exercida por esses órgãos. As trioses-P produzidas na fotossíntese são translocadas do cloroplasto para o citosol e transformadas em hexoses fosfato, que posteriormente são convertidas em sacarose e distribuídas pelos órgãos da planta (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A redução dos açúcares não redutores (sacarose) concomitante com o aumento dos açúcares redutores (glicose e frutose) se deve à clivagem da sacarose em glicose e frutose, através da sacarose sintase (SuSy) (TANG & STURM, 1999) e das invertases (STURM, 1999). Os açúcares redutores são utilizados na biossíntese de moléculas estruturais, como polímeros da parede celular e lipídeos de membrana, bem como para energia do metabolismo (TANG & STURM, 1999).

Apesar dos açúcares redutores serem a fonte primária de energia para a respiração, o nível de açúcares redutores pode ser mantido através da hidrólise gradual e contínua de dissacarídeos, que podem permanecer constantes através da hidrólise gradual de polissacarídeos (VILAS BOAS, 1999).

O teor de amido apresentou comportamento polinomial para as duas variedades, ao longo do desenvolvimento e amadurecimento dos frutos (Figura 14). Os frutos de ‘Maxixe do Norte’ tiveram uma redução de 45,2% até 12,9 dias, quando apresentaram o menor conteúdo de amido, 0,69%. Os frutos de ‘Maxixe Liso de Calcutá’ tiveram redução de 38,96% até 15,7 dias, quando apresentaram um menor valor de amido, 0,68%.

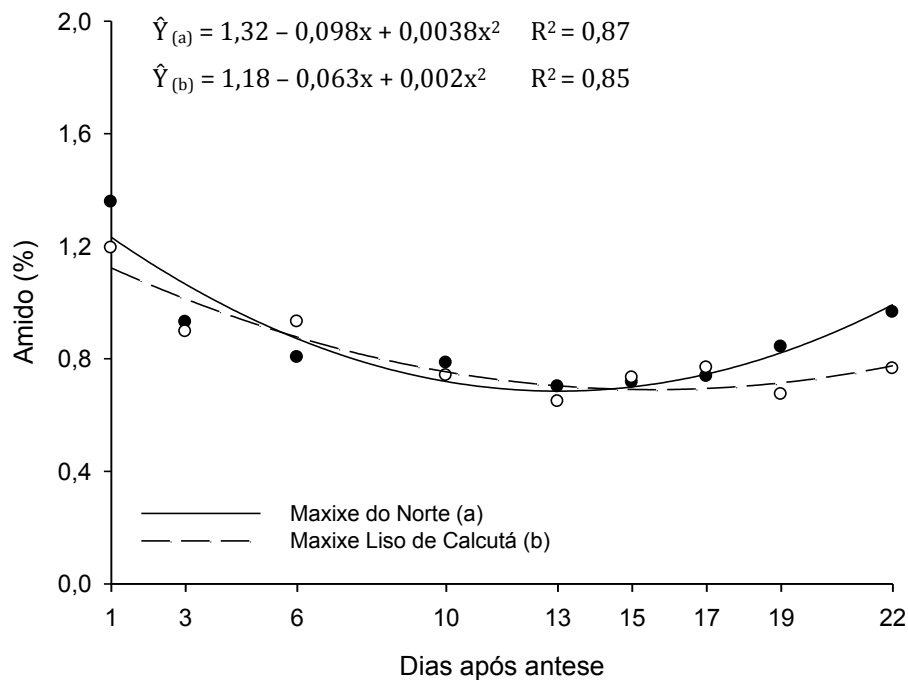


Figura 14. Valores estimados do teor de amido (%) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

O acúmulo de amido transitório em frutos está diretamente correlacionado com a taxa de crescimento dos frutos (HEWITT, 1982), que posteriormente resulta na síntese de açúcares redutores, como visto no crescimento dos frutos de maxixe.

Essa redução inicial do amido nos frutos de maxixe está de acordo com o aumento no teor de açúcares redutores, visto que o amido é clivado por enzimas que hidrolisam as ligações de cadeias lineares e ramificadas resultando em glicose ao final de uma sequência de reações (TAIZ & ZEIGER, 2009).

A qualidade dos frutos também está fortemente relacionada à aparência. O pigmento responsável pela coloração verde é a clorofila, a qual é degradada com o amadurecimento, enquanto há síntese ou revelação de outros pigmentos como β -caroteno, licopeno, xantofila e antocianina, dependendo do vegetal (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Nos frutos de maxixe, em ambas as cultivares estudadas, ocorreram reduções desses pigmentos fotossintéticos, tanto clorofila a quanto a clorofila b. Os frutos tiveram redução linear ao longo do desenvolvimento para a clorofila total, sendo a maior degradação em frutos de 'Maxixe do Norte', 94 %, comparado à redução de 60,7 % da cultivar Maxixe liso de Calcutá (Figura 15).

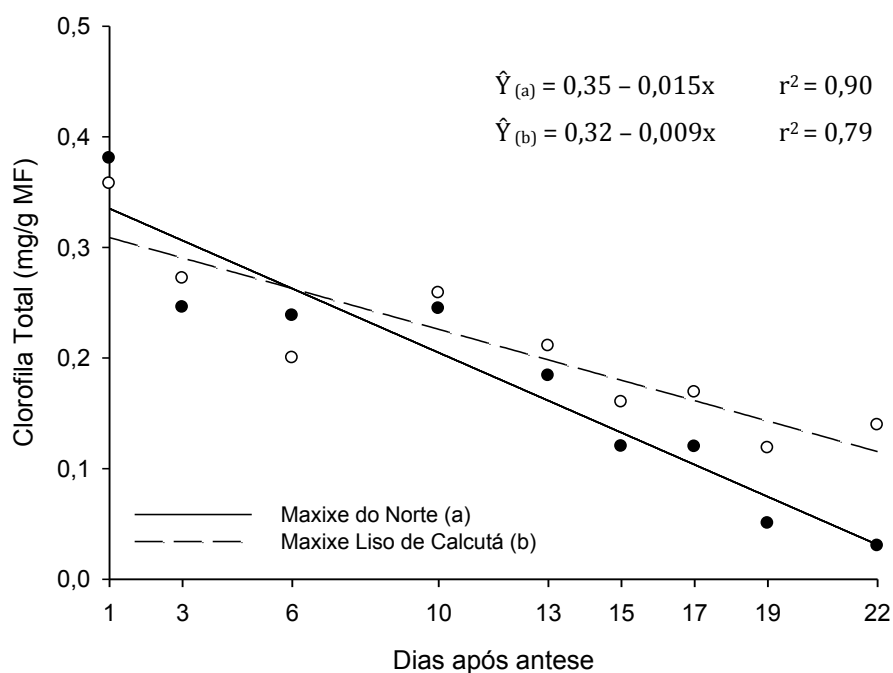


Figura 15. Valores estimados da Clorofila Total (mg /g MF) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

A clorofila a apresentou redução linear mais expressiva na cultivar Maxixe do Norte, 78,4%, comparada à ‘Maxixe liso de Calcutá’, 59% (Figura 16).

As clorofilas são pigmentos típicos de organismos fotossintéticos, mas todos os organismos possuem mais de um tipo de pigmento, cada um desempenhando uma função (TAIZ & ZEIGER, 2009). As clorofilas a e b são abundantes nas plantas verdes, ocorrendo em frutos de maxixe a predominância da clorofila a.

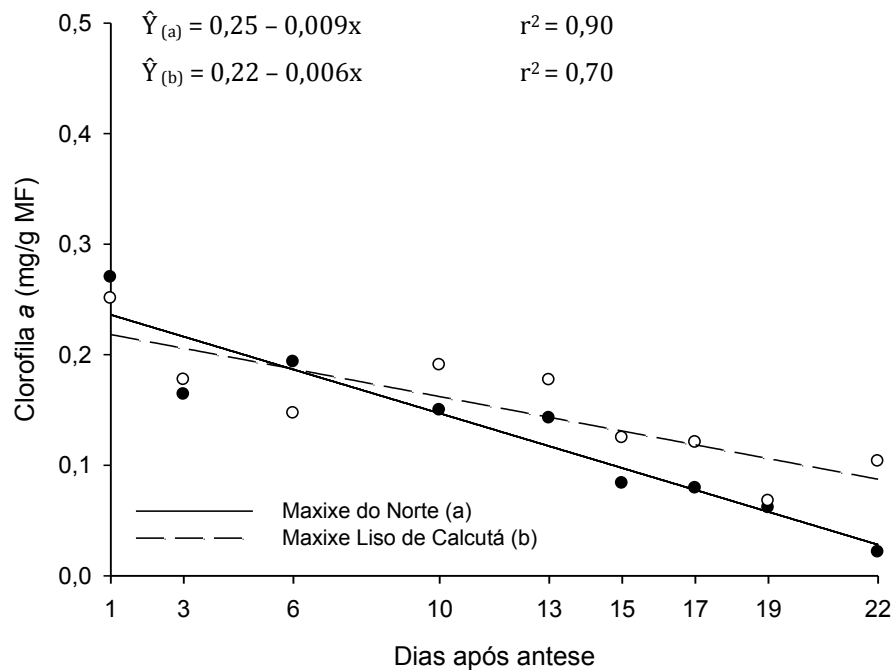


Figura 16. Valores estimados da Clorofila a (mg g^{-1} MF) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

A clorofila b também apresentou expressiva redução ao longo do desenvolvimento, 84 % para ‘Maxixe do Norte’ e 77,8 % para ‘Maxixe Liso de Calcutá’ (Figura 17). Os pigmentos de clorofila b em frutos de maxixe representam aproximadamente 30 % das clorofilas totais.

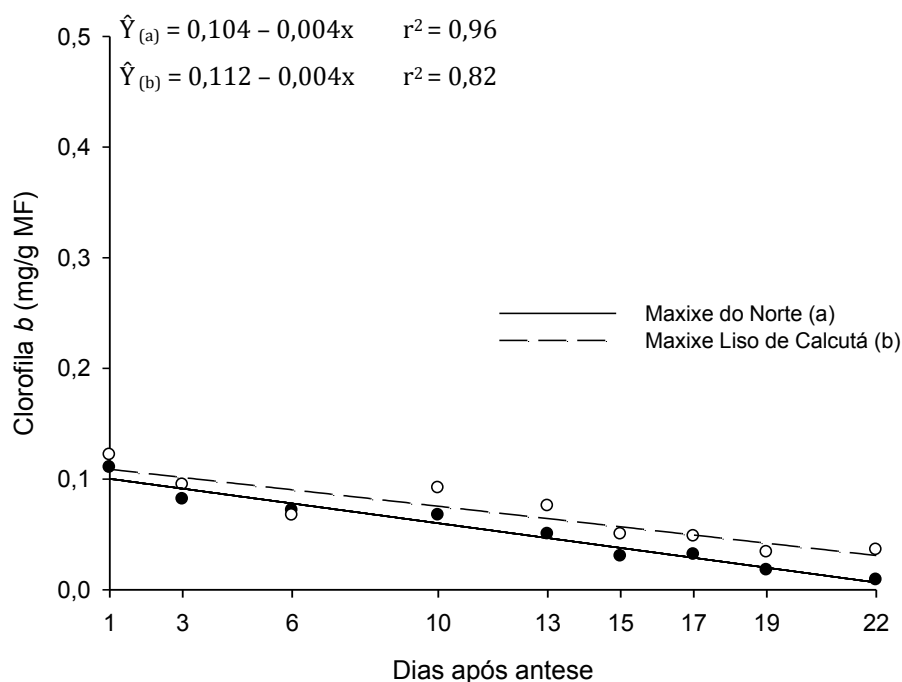


Figura 17. Valores estimados da Clorofila b (mg g^{-1} MF) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

As diferenças aparentes na cor do vegetal são devido à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenoides, os quais estão em associação com as clorofilas (VON ELBE, 2000). Clorofilas mascaram a aparência de feições espectrais dos pigmentos amarelos. Entretanto, quando o conteúdo de clorofila diminui, os pigmentos amarelos tendem a ser dominantes (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O conteúdo de pigmentos carotenoides também apresentou redução ao longo do desenvolvimento dos frutos de maxixe (Figura 18). Apesar do conteúdo de carotenoides ser inicialmente baixo, 0,06 e 0,05 mg/g MF nos frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, respectivamente, ocorreu redução de 65,6% e 41,2%, respectivamente, para essas cultivares.

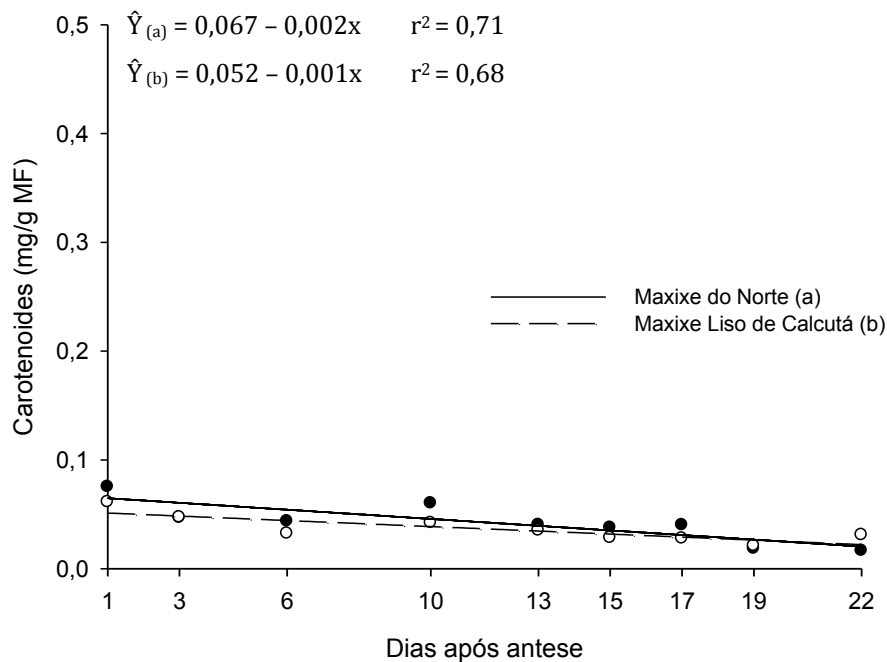


Figura 18. Valores estimados dos carotenoides ($\text{mg g}^{-1}\text{MF}$) em função dos dias de desenvolvimento (dias após antese) dos frutos das cultivares Maxixe do Norte (a) e Maxixe liso de Calcutá (b).

Ao final do período de estudo, frutos de ‘Maxixe do Norte’ apresentaram $0,02 \text{ mg/g MF}$ de clorofila total e $0,02 \text{ mg/g MF}$ de carotenoides e os frutos de ‘Maxixe Liso de Calcutá’ apresentaram $0,12 \text{ mg/g MF}$ de clorofila total e $0,03 \text{ mg/g MF}$ de carotenoides. Essa proximidade do conteúdo de clorofila e carotenoides nos frutos de Maxixe do Norte está de acordo com a Figura 6, onde visualiza-se que os frutos dessa cultivar estavam mais amarelados que os frutos da cultivar Maxixe Liso de Calcutá.

A coloração verde é uma característica intrínseca dos frutos de maxixe, logo, a redução dos pigmentos de carotenoides está de acordo com as características dos frutos. A coloração é de grande importância para a comercialização, visto que o consumidor analisa a princípio, a aparência dos frutos. O amarelamento ao final do desenvolvimento é devido à senescência dos mesmos, onde a degradação da clorofila possibilitou que os pigmentos amarelos ficassem aparentes.

4. CONCLUSÕES

- Frutos de maxixe das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá apresentaram padrão de crescimento do tipo sigmoide simples, com maior taxa de crescimento (massa fresca e volume) aproximadamente aos 10 e 11 dias, respectivamente.

- Frutos de 'Maxixe do Norte' tem menor conteúdo de clorofila, comparado ao 'Maxixe Liso de Calcutá', ficando amarelecidos primeiro, a partir do 15º dia após antese, mesmo não ocorrendo síntese de carotenoides.

- Frutos de 'Maxixe do Norte' possuem as melhores características físico-químicas para a comercialização entre 10 e 13 dias após antese e 'Maxixe Liso de Calcutá' entre 11 e 13 dias após antese, sendo o período ideal para a colheita.

- A partir do 15º dia após antese os frutos já apresentam aumento do teor de ATT, indicador da senescência dos frutos.

5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO NETO, S. E.; HAFLE, O. M.; GURGEL, F. L.; MENEZES, J. B.; SILVA, G. G. Qualidade e vida útil pós-colheita de melancia crimsons weet, comercializada em Mossoró. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.235-239. 2000.
- ÁLVARES, V. S.; BRAGA, L. R.; MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; BRUCKNER, C. H.; RUIZ, G. A. C. Desenvolvimento do pêssego ‘Rei da Conserva’ em Viçosa-MG. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.52, n. 294, 2004.
- BARRERA, J. A.; HERNÁNDEZ, M. S.; MELGAREJO L. M.; MARTÍNEZ, O.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P. Physiological behavior and quality traits during fruit growth and ripening of four Amazonic hot pepper accessions. **The Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.88, p.847–857. 2008.
- BARROS, M. M.; ARAÚJO, W. F.; NEVES, L. T. B. C.; CAMPOS, A. J.; TOSIN, J. M. Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.10, p.1078–1084. 2012.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA. p.785. 2005.
- CRANE, J. C. Growth substances in fruits setting and development. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 15, p. 303-326. 1964.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356. 1956.
- GILLASPY, G.; BEN-DAVID, H.; GRUISSEM, W. Fruits: A Developmental Perspective. **The Plant Cell**, v.5, 1439-1451. 1993.
- GIOVANNONI, J. J. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**, v.16, p.170-180. 2004.
- HEWITT, J. D.; DINAR, M.; STEVENS, M. A. Sink strength of fruit of two tomato genotypes differing in total fruit solids content. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.7, p. 896-900, 1982.
- HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., p.512. 2000.

- HURR, B. M.; HUBER, D. J.; VALLEJOS, C. E.; TALCOTT, S. T. Developmentally dependent responses of detached cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit to exogenous ethylene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, p. 207–215. 2009.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IMESP, v.1, p.183. 1985.
- JOAS, J.; VULCAIN, E.; DESVIGNES, C.; MORALES, E.; LÉCHAUDEL, M. Physiological age at harvest regulates the variability in postharvest ripening, sensory and nutritional characteristics of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Cogshall due to growing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 92, n. 6, p. 1282-1290, 2012.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2ª edição, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 431p. 2012.
- KINET, J. M.; PEET, M. M. Tomato. In: WIEN, H. C. (Ed.). **The physiology of vegetable crops**. Wallingford: CAB International, p. 207-258. 1997.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.) **Methods in Enzymology**, San Diego, v.148, p. 350-382. 1987.
- MATARAZZO, P. H. M.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMAO, L. C. C.; SILVA, D. F. P.; CECON, P. R. desenvolvimento dos frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam), em viçosa-MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 131-142. 2013.
- McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytic Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158. 1950.
- MENDES, T. D. C. **Crescimento e fisiologia do amadurecimento em frutos de jiló**. Tese (Doutorado em fisiologia) – Universidade Federal de Viçosa. 2013.
- MODOLO, V. A. **Tecnologia de produção de maxixe paulista (*Cucumis anguria* L.)** Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Paulo. 2002.
- MODOLO, V. A.; COSTA, C. P. Avaliação de linhagens de maxixe paulista cultivada em canteiros com cobertura de polietileno. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.3. p. 534-538. 2003a.
- MODOLO, V. A.; COSTA, C. P. **Maxixe: uma hortaliça de tripla forma de consumo**. Piracicaba : ESALQ – Divisão de Biblioteca e Documentação, 20 p. : il. (Série Produtor Rural, nº19). 2003.

- NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p.375-380.1944.
- PRATES, M. F. O. **Potencial nutritivo e compostos bioativos em frutos de canjiqueira: Pós-colheita e processamento**. Tese (doutorado em saúde e desenvolvimento) – Universidade Federal do mato Grosso do Sul. 2012.
- PUIATTI, M., SILVA, D. J. H. **Cultura da melancia**. In: FONTES, P. C. R. (Ed.) **Olericultura teoria e prática**, p. 385 – 406. 2005.
- SABBO, L.M.; MARTINS, J.M.S.; RAMOS, A.S. Potencial produtivo e crescimento do fruto de damasqueiros ‘Ninfa’. In Simpósio Nacional de Fruticultura, 1, Alcobça, 12 a 13 de Outubro, 2006 - Actas Portuguesas de Horticultura ; 11. [S.l.] : APH. ISBN 978-972-8936-04-4. p 156-160. 2009.
- SANTOS, S. A., EIDEN, A., SIMÃO, M. T., SALIS, S. M. Sistemas silvipastoris naturais e alterados no pantanal. **Revista Brasileira de Agronegócio**. v. 4, p. 1559. 2009.
- SILVA, D. F. P.; SILVA, J. O. C.; MATIAS, R. G. P. M.; RIBEIRO, M. R.; BRUCKNER, C. H. Curva de crescimento e padrão respiratório de frutos de genótipos de pessegueiro em região de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 642-649. 2013.
- SILVA, F. C.; RIBEIRO, W. S.; FRANCA, C. F. M.; ARAUJO, F. F. Action of potassium permanganate on the shelf-life of Cucumis anguria fruit. **Acta Horticulturae**, v. 1071, p. 105-111. 2015.
- SOUZA, V.C; LORENZI, H. **BOTÂNICA SISTEMÁTICA: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. 3º Edição. 2012.
- STURM, A. Invertases.Primary Structures, Functions, and Roles in Plant Development and Sucrose Partitioning. **Plant Physiology**, v. 121, p. 1–7. 1999.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Fisiologia Vegetal 4º Edição. Editora: artmed. 2009.
- TANG, G.Q; STURM, A. Antisense repression of sucrose synthase in carrot (*Daucuscarota L.*) affects growth rather than sucrose partitioning. **Plant Molecular Biology**, v.41, p, 465. 1999.
- VILAS BOAS, E. V. de B. **Técnicas para diversas análises de alimentos**. Lavras: UFLA (Apostila), 74p. 1999.

VON ELBE J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza : Wisconsin – Madison Cap.10, p.782-799. 2000.

WUBS, A.M.; MA, Y. T.; HEUVELINK, E.; HEMERIK, L.; MARCELIS, L. F. M. Model Selection for Nondestructive Quantification of Fruit Growth in Pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.137, p.71-79. 2012.

YOKOYAMA, S.; SILVA JÚNIOR, A.A. Maxixe: uma hortaliça pouco conhecida. **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 1, n. 3, p. 12-13. 1988.

CAPÍTULO II

AÇÃO DO ETILENO EM FRUTOS DE MAXIXE

RESUMO

A longevidade e alteração da cor, associada ao amadurecimento e senescência dos produtos hortícolas, são influenciadas pelo etileno que regula muitos aspectos fisiológicos do desenvolvimento, sendo que os frutos podem ser classificados em climatéricos e não climatéricos, de acordo com o padrão respiratório. Conforme as respostas fisiológicas ao etileno, os frutos podem ser sensíveis ao etileno, apresentando resposta ao etileno na fase de amadurecimento, ou insensível, relacionado aos receptores de etileno no fruto. O maxixe possui curto período pós-colheita, tornando-se amarelados e sem valor comercial, o que pode estar relacionado com receptores de etileno. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes concentrações de etileno na sensibilidade de frutos de maxixe de duas variedades comerciais, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, em estágio de colheita comercial, e em frutos obtidos do CEASA, bem como determinar o padrão climatérico dos frutos. Os frutos das variedades comerciais foram cultivados na horta da Universidade Federal de Viçosa e após a colheita, levados para o laboratório pós-colheita da UFV. Foram selecionados e colocados em baldes de 20 L, hermeticamente fechados, cujas tampas de vidro possuíam orifícios de borracha onde foram injetados diferentes concentrações de etileno gasoso: 0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$, e o controle, permanecendo, assim, por 48 h. Em seguida, os frutos foram retirados dos baldes e disposto em bancada. Análises de perda da matéria fresca (PMF), teor de ácido ascórbico (VIT C), clorofila total, carotenoides, açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e amido foram realizadas nos dias 0, 2, 4, 6, 8 e 10, sendo a contagem dos dias feita após a retirada dos frutos dos baldes. Em seguida, foi realizada análise de regressão e análise de variância dos dados. O mesmo procedimento foi realizado com os frutos obtidos do CEASA, entretanto, para esses frutos as análises realizadas foram de PMF e clorofila total, nos dias 0, 2, 4, 5, 7 e 8

após a retirada dos frutos dos baldes. Em seguida foi realizada análise descritiva dos dados. Para análise do climatérico, frutos das variedades comerciais após serem submetidos às diferentes concentrações de etileno, por 48 h, foram colocados individualmente em potes para acúmulo de CO₂ e etileno, sendo realizada análise do ar acumulado a cada 2 dias, ao longo de 10 dias. Para frutos das variedades comerciais, o teor de Vit C, clorofila total, carotenoides, AST e AR apresentaram redução ao longo do tempo. Os tratamentos não tiveram diferença significativa para as variáveis avaliadas, porém no 4º dia os frutos tratados com 0,1 e 1 µL/L e o controle, estavam visualmente mais verdes. Os frutos obtidos no CEASA, tratados com 100 e 1000 µL/L de etileno, estavam deteriorados no quarto dia de avaliação. Essas doses proporcionaram maiores PMF e maior degradação de clorofila. Os frutos não apresentaram pico de respiração e de etileno, independente da concentração aplicada. Frutos de maxixe são pouco sensíveis ao etileno e podem ser classificados como não climatéricos com base no comportamento respiratório e de produção de etileno.

1. INTRODUÇÃO

O maxixe, *Cucumis anguria* L., é uma hortaliça tropical pertencente à família das curcubitáceas (YOKOYAMA et al., 1988). Devido à sua rápida deterioração, assim como os produtos hortícolas em geral, os frutos possuem curto período pós-colheita, tornando-se amarelados e sem valor comercial (SILVA et al., 2015).

O etileno regula muitos aspectos fisiológicos do crescimento e desenvolvimento (CHITARRA & CHITARRA, 2005), sendo indesejável durante o transporte e armazenamento dos frutos, considerado um dos grandes vilões na pós-colheita, por comprometer a qualidade dos frutos e conduzi-los à senescência (VILAS BOAS, 2002). Embora seja responsável por processos fisiológicos importantes, o etileno também tem efeitos negativos, uma vez que aumenta a suscetibilidade a patógenos, distúrbios fisiológicos e senescência, com uma redução da longevidade dos produtos hortícolas (ALEXANDER & GRIERSON, 2002).

As mudanças fisiológicas em frutos carnosos diferem entre as espécies, permitindo a classificação dos frutos em climatéricos e não climatéricos de acordo com seu padrão respiratório no amadurecimento, que está diretamente relacionado com o sistema I e II de produção de etileno. Segundo Barry et al. (2000), o sistema I de produção de etileno é encontrado em tecidos vegetativos, frutos não climatéricos e em frutos climatéricos no estágio do pré-climatério onde a taxa de produção de etileno é baixa. O sistema II do etileno é produzido durante o amadurecimento de frutos climatéricos e senescência floral onde a taxa de produção de etileno é maior.

O etileno produzido no sistema I dispara o sistema II correspondendo à produção autocatalítica de etileno. O sistema II opera durante o amadurecimento onde serão produzidas altas doses de etileno climatérico (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Frutos climatéricos apresentam aumento da atividade respiratória durante o amadurecimento (ABDI, 1998). Quando tratados com etileno exógeno na fase pré-climatérica, são induzidos a produzir etileno autocatalítico (TAIZ & ZEIGER, 2009). Além de esse gás estimular o processo de amadurecimento, resultando em sabor, cor e textura desejáveis, promove perdas devido à aceleração do processo de amadurecimento.

Em frutos não climatéricos ocorre declínio lento e constante da sua taxa respiratória após a colheita (ABDI, 1998). Quando tratados com etileno, ocorre aumento da respiração, diretamente proporcional à concentração aplicada, cessando quando a fonte de hormônio é retirada (TUCKER, 1993). Nestes frutos, o início e a regulação do processo de amadurecimento não requer a presença de etileno (CHITARRA & CHITARRA, 2005), porém, parece haver outros fatores endógenos, independentes do etileno, envolvidos na indução do processo de amadurecimento (LELIÉVRETT et al., 1997), pois as vias independentes desse gás também estão envolvidas no processo de maturação (GIOVANNANI, 2004). No entanto, o etileno regula alguns aspectos do amadurecimento, como degradação da clorofila, biossíntese de carotenoides e antocianinas, porém não está bem esclarecido como esse gás exerce seu papel regulador (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Goldschmidt (1997) propôs a divisão dos frutos não climatéricos em duas categorias, de acordo com suas respostas fisiológicas ao etileno: frutos com resposta positiva tanto ao etileno endógeno como ao exógeno, e frutos insensíveis, que não apresentam nenhuma resposta ao etileno na fase de amadurecimento.

A sensibilidade dos frutos ao etileno está relacionada com receptores (BINDER, 2008), um complexo enzimático localizado no retículo endoplasmático (MA et al., 2006). É necessária a síntese desses receptores para desencadear a resposta de ação do etileno, tanto em níveis basais quanto exógenos.

A sensibilidade da maioria dos frutos ao etileno aumenta na medida em que o fruto se aproxima da maturidade fisiológica e do início do amadurecimento (SENHOR et al., 2009). Definir a sensibilidade do fruto ao gás etileno é de grande valia para as estratégias de transporte e conservação pós-colheita, uma vez que isto pode interferir no tempo e na forma de armazenamento. Entretanto ainda não tem relatos na literatura sobre o comportamento dos frutos de maxixe em resposta ao etileno.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a sensibilidade de duas variedades comerciais de maxixe, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, tratados com etileno, em estágio de colheita comercial, além de frutos obtidos do CEASA, para determinar se a falta de homogeneidade no ponto de colheita desses frutos interfere na resposta ao etileno. Avaliou-se também o padrão climatérico dos frutos das duas cultivares comerciais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

ESTUDO I - SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE MAXIXE AO ETILENO

2.1. Experimento I – Frutos cultivados na horta da UFV

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, localizada à latitude de 20°45'14" sul, longitude 42°52'55" oeste e 650 metros de altitude, nos anos de 2014 e 2015.

Sementes de duas variedades comerciais de maxixe, Maxixe liso de Calcutá proveniente da empresa Feltrin e Maxixe do Norte adquirido da empresa Isla, foram utilizadas para a aquisição das mudas. A semeadura foi feita em bandeja de poliestireno contendo substrato comercial. Após 26 dias da semeadura foi realizado o transplante para canteiros de 10 x 1 m, com espaçamento de 2,5 m entre plantas. Antes do transplante foi realizado o preparo dos canteiros, preenchidos com terra de barranco e a adubação do solo feita de acordo com o recomendado para a cultura do pepino (MODOLO, 2003a), com base na análise do solo.

As mudas foram conduzidas no modo rasteiro. O controle fitossanitário foi realizado preventivamente e ao longo do desenvolvimento, quando necessário. O sistema de irrigação foi por gotejamento.

Durante o período de florescimento, flores femininas foram identificadas com fitas de diferentes cores, logo após a abertura floral, para controle do desenvolvimento do fruto (Figura 1).

Os frutos de maxixe foram colhidos quando atingiram 12 dias após a antese, determinado em experimento anterior. A ação do etileno nos frutos deve ser avaliada nesse período, como feito em frutos de pepino (HURR et al., 2009), já que a comercialização é realizada com frutos ainda imaturos.

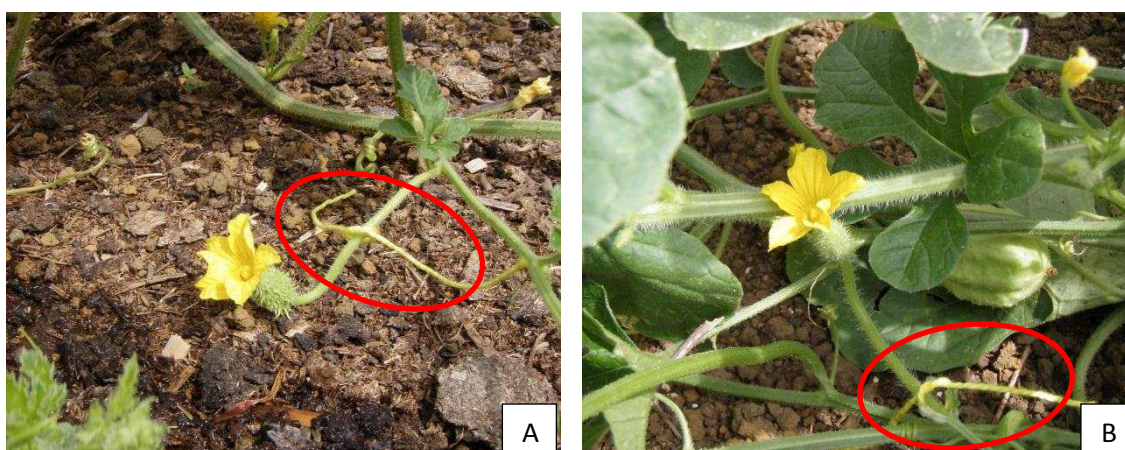


Figura 1. Flor feminina de maxixe, variedade com espículos (A) e variedade sem espículos (B), marcadas com linha amarela para controle do desenvolvimento do fruto.

No laboratório, os frutos foram colocados em baldes, de 20 L, devidamente numerados, para receberem os tratamentos:

T1- Controle (sem aplicação de etileno)

T2- 0,1 $\mu\text{L/L}$

T3- 1 $\mu\text{L/L}$

T4- 10 $\mu\text{L/L}$

T5- 100 $\mu\text{L/L}$

T6- 1000 $\mu\text{L/L}$

Os baldes foram fechados com tampas de vidro que possuíam orifícios de borracha adaptados para proceder a aplicação das diferentes concentrações de etileno. As tampas foram vedadas com glicerina e pesos foram colocados sobre as mesmas, de forma que o etileno injetado pelo orifício permanecesse em contato com os frutos, não havendo troca de gás do interior do balde com o ambiente externo. Para circulação do ar no interior dos baldes, foi realizada homogeneização com uma seringa de 20 mL através do orifício, três vezes ao dia. Os baldes foram cobertos com pano preto para que não tivessem interferência da luz na degradação da clorofila. Os frutos permaneceram nos baldes vedados por 48 horas. Após este período os baldes foram abertos e os frutos colocados sobre bancada, em condições do ambiente.

Avaliações da perda de massa fresca, vitamina C, clorofila total, carotenoides, açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido foram realizadas nos dias 0, 2, 4, 6, 8 e 10, após exposição às condições ambientais.

2.1.1. Perda de massa fresca acumulada

Para avaliar a perda de massa fresca foi feito a pesagem dos frutos no dia da instalação do experimento (tempo 0) e nos tempos 2, 4, 5, 7 e 8 dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa fresca, como se segue:

$PMF = 100 - [(MFf * 100) / MFi]$, em que:

PMF = perda de massa fresca acumulada (%);

MFf = massa fresca final (g), no último dia da análise;

MFi = massa fresca inicial (g), no dia da instalação do experimento.

2.1.2. Teor de Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado segundo técnica recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Inicialmente, foi preparada a Solução de Tillmans (2,6 diclofenol-indofenol (DFI) a 0,02 %), a solução de ácido oxálico 0,5% (V/V) e a solução padrão de ácido ascórbico (AA) 50 µg/mL utilizada para padronizar a Solução de Tillmans.

A massa fresca extraída (5 g) foi triturada em politron com solução ácida. Em seguida, a mistura foi filtrada em compressas de gaze hidrófila CREMER, passando o filtrado para um erlenmeyer de 250 mL, procedendo-se a titulação com a solução de Tillmans até se observar a mudança de coloração. O reagente é reduzido de azul a incolor e em meio ácido, torna-se róseo. A concentração de vitamina C foi calculada pela equação:

$V \times F \times 100 / A = \text{mg de ácido ascórbico por 100 mL da amostra}$, em que:

V= volume da solução de Tillmans necessário para atingir a coloração róseo (L);

F= fator da solução de Tillmans;

A= mL da amostra utilizada.

Posteriormente, os valores foram transformado em mg de ácido ascórbico por 100 g de fruto.

2.1.3. Teor de Clorofila total

O teor de clorofila total foi determinado de acordo com Lichtenthaler (1987). Para isso, foram retirados 2 g de cascas bem finas dos frutos. Após serem pesadas, foram maceradas em almofariz em câmara escura, com 7 mL de acetona 80% (V/V) e uma alíquota de areia lavada. O extrato foi filtrado com papel filtro em balões volumétricos envolvidos com papel alumínio para proteção contra a luminosidade. Após filtração do macerado, o volume de extrato cetônico foi completado em um balão de 25 mL. As absorbâncias do extrato cetônico foram lidas em espectrofotômetro, nos comprimentos de onda a 646,8 e 663,2 nm. O teor de clorofila expresso em mg/L no extrato cetônico foi calculado pela fórmula:

$$\text{Clorofila} = 7,15 \times A_{663,2} + 18,71 \times A_{646,8}$$

2.1.4. Carotenóides Totais

O teor de carotenoides totais foi determinado de acordo com Lichtenthaler (1987), utilizando o mesmo extrato preparado para a determinação de clorofila, sendo as leituras de absorbâncias realizadas em 470,0 nm. A concentração foi estimada de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \times A_{470} - 1,82 \times C_a - 85,02 \times C_b) / 198 = \text{mg/L}$$

2.1.5. Teores de açúcares solúveis totais

➤ **Extração:** Aproximadamente 5 g de cada amostra foram pesados, e sobre eles vertidos etanol 80% a 65 °C. As amostras foram maceradas em etanol 80 % e centrifugadas, seguida de filtragem em balão volumétrico de 50 mL. Esse processo foi realizado por três vezes e o volume final dos balões foi completado para 25 mL. O resíduo retido em papel filtro foi seco em estufa a 65 °C, por 24 h, e armazenado em dessecador para posterior determinação do amido. O extrato alcoólico foi armazenado, sob refrigeração, em vidros vedados, para a quantificação dos açúcares solúveis totais e redutores.

➤ **Quantificação:** A quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) foi realizada segundo o método Fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). Inicialmente, foi preparada uma solução de sacarose 1% para realização da curva padrão. Sempre em duplicata, 250 µL das amostras foram pipetadas em tubo de ensaio e adicionados 250 µL de Fenol 5%, seguidos de agitação em vortex. Aos tubos foram adicionados 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado e agitados novamente. Após banho-maria à temperatura de 30 °C, por 20 min, os tubos foram novamente agitados e postos em temperatura ambiente, por 30 min, e realizada a leitura em $\lambda = 490$ nm, em espectrofotômetro. A partir da absorbância foram realizados os cálculos com as devidas correções das diluições e o resultado expresso em % AST.

➤ A quantificação dos açúcares redutores (AR) foi feita segundo a metodologia de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Com solução de glicose 1% foi obtida a curva padrão. Sempre em duplicata, 200 µL do extrato alcoólico foi transferido para micro tubos, em seguida foram adicionados 200 µL do reagente de Nelson 4. Os micro tubos foram agitados e incubados, por 15 minutos, em água fervente. Após resfriar em água, adicionou-se 200 µL da solução arsenomolibdica, com posterior agitação dos micro tubos. Posteriormente foram adicionados 600 µL de água deionizada e novamente agitados. As leituras no espectrofotômetro foram realizadas a 540 nm e os resultados expressos em % de AR.

➤ Os açúcares não redutores (ANR) foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais e expressos em % ANR.

2.1.6. Teor de amido

Do resíduo proveniente da extração dos açúcares solúveis totais, foi determinado o teor de amido mediante metodologia descrita por McCREADY et al. (1950). O amido seco a 65 °C, por 24 h, foi pesado e macerado em cadinho. Depois de vertidos em tubo de centrifuga foram adicionados 2,5 mL de água deionizada e 3,25 mL de ácido perclórico 52% (v/v), agitados e deixados em repouso, por 30 min, seguindo-se de centrifugação a 2000 g, por 15 minutos, e o sobrenadante coletado em proveta de 25 mL. Esse procedimento foi realizado por 3 vezes. O precipitado foi descartado e o

volume final completado com água deionizada. O extrato ficou armazenado em geladeira até o momento da quantificação. O resultado foi expresso em % de amido.

2.1.7. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas os seis tratamentos (doses de etileno) e nas subparcelas os seis dias de observações. O experimento foi composto de quatro repetições e a unidade experimental constituída por cada fruto de maxixe. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQReg} / \text{SQtrat}$) e no comportamento biológico em estudo.

2.2. Experimento II – Frutos obtidos do CEASA

Frutos de maxixe com espículos foram obtidos da região metropolitana de Belo Horizonte (CEASA). No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à uniformidade de tamanho, além de serem descartados os que apresentavam danos mecânicos e deformações. Em seguida, foram colocados em baldes devidamente numerados, onde foram submetidos à aplicação de diferentes doses de etileno (0; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) além de frutos controle (sem aplicação de etileno), como no experimento I. Após 48 horas, os baldes foram abertos e os frutos colocados sobre bancada, em condições ambientais. Foram realizadas nos dias 0, 2, 4, 5, 7 e 8 avaliações da perda de massa fresca e clorofila total.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas os seis tratamentos (doses de etileno) e nas subparcelas os seis dias de observações. O experimento foi composto de quatro repetições e a unidade experimental constituída por cada fruto de maxixe. Os dados foram analisados por meio de análise descritiva.

ESTUDO II – PADRÃO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE MAXIXE

Para determinar se ocorreu produção autocatalítica de etileno pelo fruto, duas variedades comerciais, Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, cultivadas na horta da UFV, foram colhidos com 13 dias e colocados em baldes hermeticamente fechados para aplicação de diferentes doses de etileno (0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ e frutos controle - sem aplicação de etileno), como no experimento I. Após 48 horas, os baldes foram abertos e os frutos colocados individualmente em potes hermeticamente fechados para acúmulo de CO_2 e etileno.

Amostras do ar contido nos recipientes foram retiradas após 2 horas (tempo 0), com o uso de uma seringa de 1 mL, através de orifícios de borracha contidos nos potes e foram injetadas em cromatógrafo a gás modelo CG-14B (Shimadzu Crop, Kyoto, Japan) com detector de ionização de chama (FID), para análise do etileno, e detector de condutividade térmica (TCD) para análise de CO_2 . Após 24 horas de acúmulo de gás, realizou-se nova amostragem, seguida de abertura dos potes por 24 horas. Transcorridas 24 horas, os potes foram fechados novamente para acúmulo de CO_2 e etileno e nova análise após 24 horas. Esses processos ocorreram até a senescência dos frutos.

Nesse experimento foi utilizado o delineamento em blocos casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas os seis tratamentos (doses de etileno) e nas subparcelas os sete dias de observações. O experimento foi composto de quatro repetições e a unidade experimental constituída por cada fruto de maxixe. Os dados foram analisados por meio de análise descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESTUDO I - SENSIBILIDADE DE FRUTOS DE MAXIXE AO ETILENO

3.1. Experimento I - Frutos cultivados na horta da UFV

3.1.1. Perda de massa fresca (PMF)

A PMF apresentou comportamento linear crescente para as duas cultivares estudadas (Figura 2), não apresentando diferença entre os tratamentos. Ao final de 10 dias de avaliação os frutos de ‘Maxixe do Norte’ apresentaram média de 15,5% de PMF, enquanto frutos de ‘Maxixe liso de Calcutá’ apresentaram média de 20%. Esses valores foram muito expressivos para as duas variedades, visto que perdas acima de 10% são suficientes para causar declínio na qualidade, com ocorrência de murcha e enrugamento (FINGER & VIEIRA, 2007). Esse resultado está de acordo com a aparência dos frutos ao final do período de avaliação, visto que os frutos que perderam mais massa fresca estavam aparentemente mais murchos, com aspecto enrugado.

Segundo Finger & Vieira (2007), a perda de massa fresca é devido à perda de vapor de água que ocorre através da transpiração, juntamente com a perda de massa seca necessária ao processo respiratório, porém a principal perda de massa fresca durante o armazenamento é devido ao processo transpiratório.

As doses de etileno não influenciaram na PMF dos frutos, assim como em frutos de pimentão (CAO et al., 2012) e jiló (MENDES, 2013).

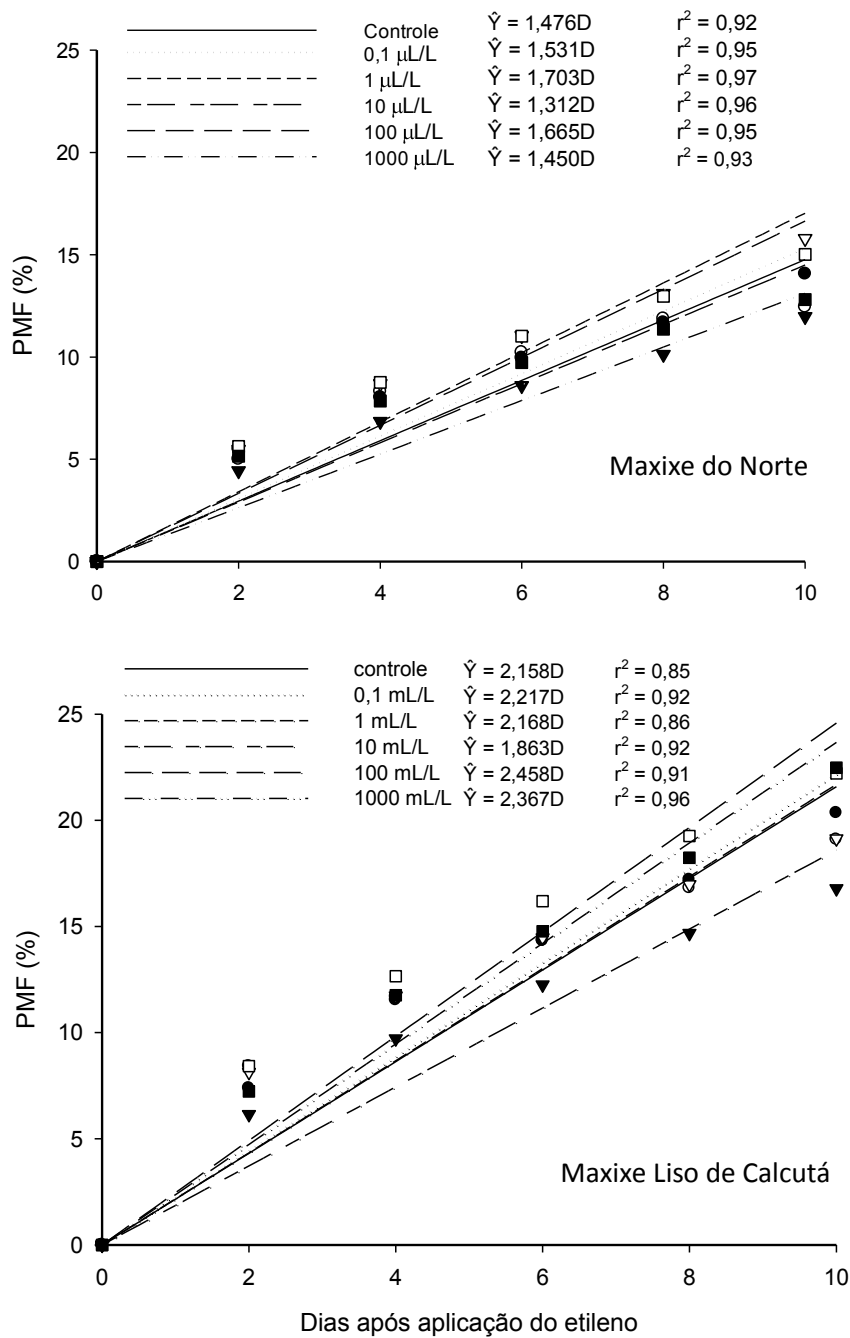


Figura 2. Valores estimados da perda de massa fresca acumulada (%) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações (0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) de etileno, além do controle, ao longo do período armazenado.

3.1.2. Teor de Vitamina C

O teor de vitamina C em frutos de ‘Maxixe do Norte’ apresentou redução linear em frutos do tratamento controle e tratados com dose de 1000 $\mu\text{L/L}$. Nos demais tratamentos o comportamento foi polinomial, ocorrendo aumento inicial e posterior redução (Figura 3). Apesar do aumento inicial, o conteúdo de vitamina C final foi 19,9 % menor comparado ao primeiro dia.

O aumento inicial do conteúdo de vitamina C pode estar relacionado à maior taxa de perda de água em relação à taxa de oxidação do ácido ascórbico, ocasionando concentração desse ácido. Porém, segundo Mercado-Silva et al. (1998), o aumento no teor de ácido ascórbico em goiaba durante o início do amadurecimento está associado ao aumento da síntese de intermediários metabólicos através da via das pentoses fosfato, os quais são precursores do ácido ascórbico. Com o decorrer do amadurecimento, ocorre oxidação dos ácidos, levando à diminuição do teor de ácido ascórbico.

Em frutos de ‘Maxixe liso de Calcutá’ ocorreu comportamento similar, com redução linear para frutos tratados com doses de 0,1; 1 e 100 $\mu\text{L/L}$. Nos demais tratamentos o comportamento foi polinomial, onde o teor de vitamina C praticamente se manteve constante até o 4º dia apresentando expressiva redução após esse período (Figura 3).

A redução observada durante o armazenamento dos frutos pode ser resultado da atuação direta da enzima ácido ascórbico oxidase ou de enzimas oxidantes, como a peroxidase (CHITARRA & CHITARRA, 2005), bem como devido ao uso de ácidos orgânicos como substrato respiratório no ciclo do ácido tricarbóxico (WEICHMANN, 1987).

Os tratamentos não foram significativos, não alterando a resposta dos frutos quanto ao teor de vitamina C. O mesmo comportamento foi observado em frutas de laranja, não sendo atribuída a diminuição de ácido ascórbico à exposição ao etileno, mas sim ao armazenamento da fruta (MAYUONI et al., 2011).

Enquanto os frutos da cultivar Maxixe do Norte apresentaram redução de 19,9 % ao longo do armazenamento, frutos de ‘Maxixe liso de Calcutá’ apresentaram redução de 47 % nesse período. A maior redução de ácido ascórbico pode estar relacionada à maior deterioração dos frutos de ‘Maxixe Liso de Calcutá’, cultivar que apresentou

maior perda de matéria fresca. Segundo Nunes et al. (1998), a perda de água pode aumentar a perda de ácido ascórbico devido ao aumento da oxidação.

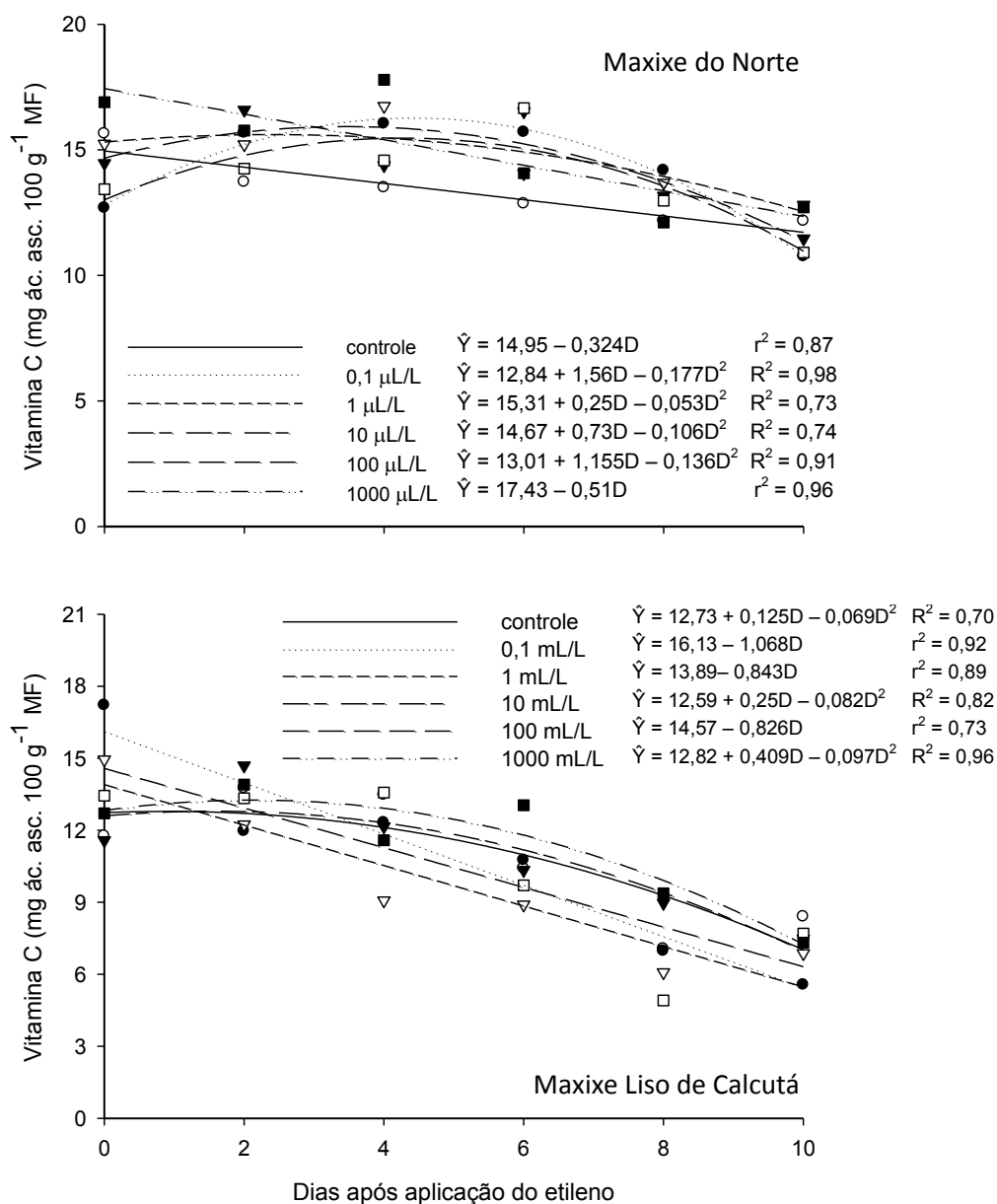


Figura 3. Valor estimado do teor de vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g de MF) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10, 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado.

3.1.3. Teor de clorofila Total

Todos os tratamentos aplicados nos frutos de 'Maxixe do Norte' promoveram função polinomial decrescente para o teor de clorofila total (Figura 4). Não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos, com média de 0,13 mg/g de MF no início do armazenamento e expressiva redução ao longo do armazenamento, chegando a 92 % de perda de clorofila total. No décimo dia os frutos apresentaram teor de clorofila de 0,01 mg/g de MF.

Para os frutos de 'Maxixe liso de Calcutá' o teor de clorofila total apresentou comportamento polinomial decrescente para a dose de 1 μ L/L enquanto o teor de clorofila total dos frutos submetidos aos demais tratamentos apresentaram redução linear ao longo do período de armazenamento (Figura 4). A média apresentada pelos frutos no primeiro dia de avaliação foi de 0,28 mg/g de MF e valor de 0,15 mg/g de MF no último dia de armazenamento.

Em alguns frutos não climatéricos, o tratamento com etileno acelera transformações associadas ao amadurecimento, como por exemplo, degradação de clorofila em citros (RODRIGO & ZACARIAS, 2007), porém, outros frutos não apresentam respostas ao etileno exógeno, como pimentão das cultivares Triple 4 (frutos vermelhos) e Kelvin (frutos amarelos) (MOLINARI et al., 1999), não acelerando o aparecimento da cor quando colhidos com 10% a 30% de cor. O aparecimento da cor é promovido pela ação das enzimas clorofilase e oxidase, dando lugar a cor amarela devido à síntese de carotenoides, ou o aparecimento desses pigmentos devido à redução da clorofila que é responsável por mascarar a cor dos carotenoides (BALDWIN, 1994).

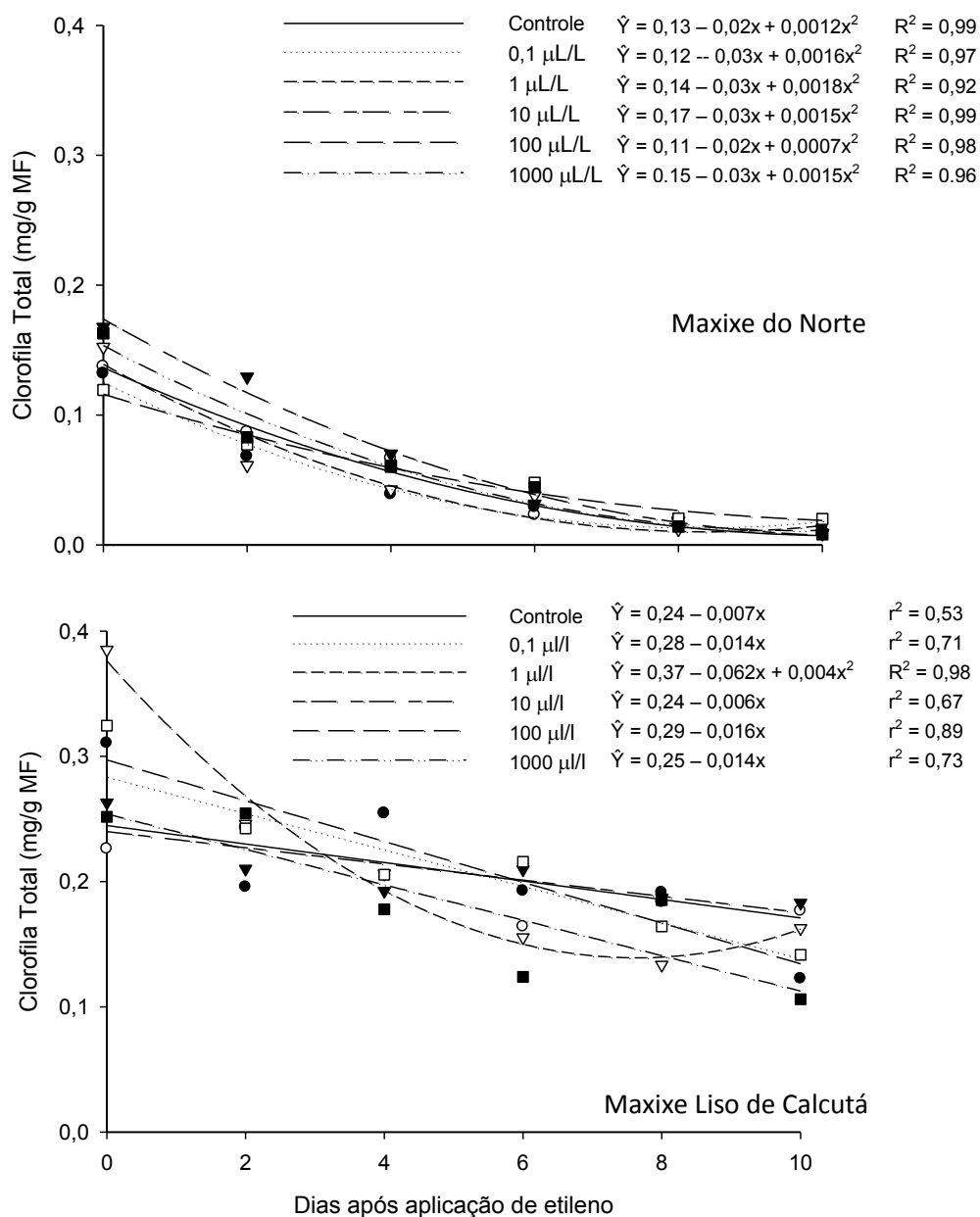


Figura 4. Valor estimado do teor de clorofila total (mg/g de MF) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10, 100 e 1000 µL/L) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado.

3.1.4. Carotenoides

O teor de carotenoides decresceu em frutos de ‘Maxixe do Norte’, ajustando-se ao modelo com função polinomial, para frutos que receberam o tratamento 1 e 100 $\mu\text{L/L}$. Os demais tratamentos promoveram redução linear (Figura 5). As diferentes doses de etileno não proporcionaram efeito sobre o teor de carotenoide nos frutos, que apresentaram média no primeiro dia de avaliação de 0,032 mg/g MF, atingindo valor de 0,015 mg/g MF no último dia de armazenamento, redução de 53%.

Em frutos da cultivar Maxixe Liso de Calcutá, os carotenoides tiveram comportamento polinomial crescente para todos os tratamentos, não apresentando diferença entre os tratamentos. Os frutos tiveram valor inicial, desse pigmento, de 0,028 mg/g MF. Apesar do aumento ao longo do armazenamento, ao final do período avaliado, os frutos exibiram valores de 0,030 mg/g de MF (Figura 5).

Os carotenoides são considerados compostos antioxidantes naturais, devido principalmente ao sistema de duplas ligações, fazendo com que sejam capazes de capturar os radicais livres (TAPIERO et al., 2004). Assim, a redução no teor de carotenoides em maxixe pode ter sido causada pela senescência dos frutos. Segundo Elliott (1999), a redução ocorre na tentativa de proteger e recuperar células danificadas, e também devido à oxidação durante o armazenamento. O mesmo comportamento foi observado por Segato (2007) em trabalho com pimentas.

A rápida perda de massa fresca em frutos de maxixe liso de Calcutá pode estar relacionada com o aumento inicial do teor de carotenoides, causando concentração dos pigmentos no início do armazenamento devido à perda excessiva de matéria fresca.

Estudos revelaram que durante o processo de amadurecimento da pimenta verde, o teor de carotenoides tende a diminuir. Em contrapartida, em pimenta vermelha, durante o amadurecimento do fruto os teores totais destes compostos tendem a aumentar (SUN et al., 2007). Esse processo está de acordo com frutos de maxixe, que tem como característica a coloração verde, não sendo uma característica do fruto, a síntese de carotenoides no processo de amadurecimento dos frutos.

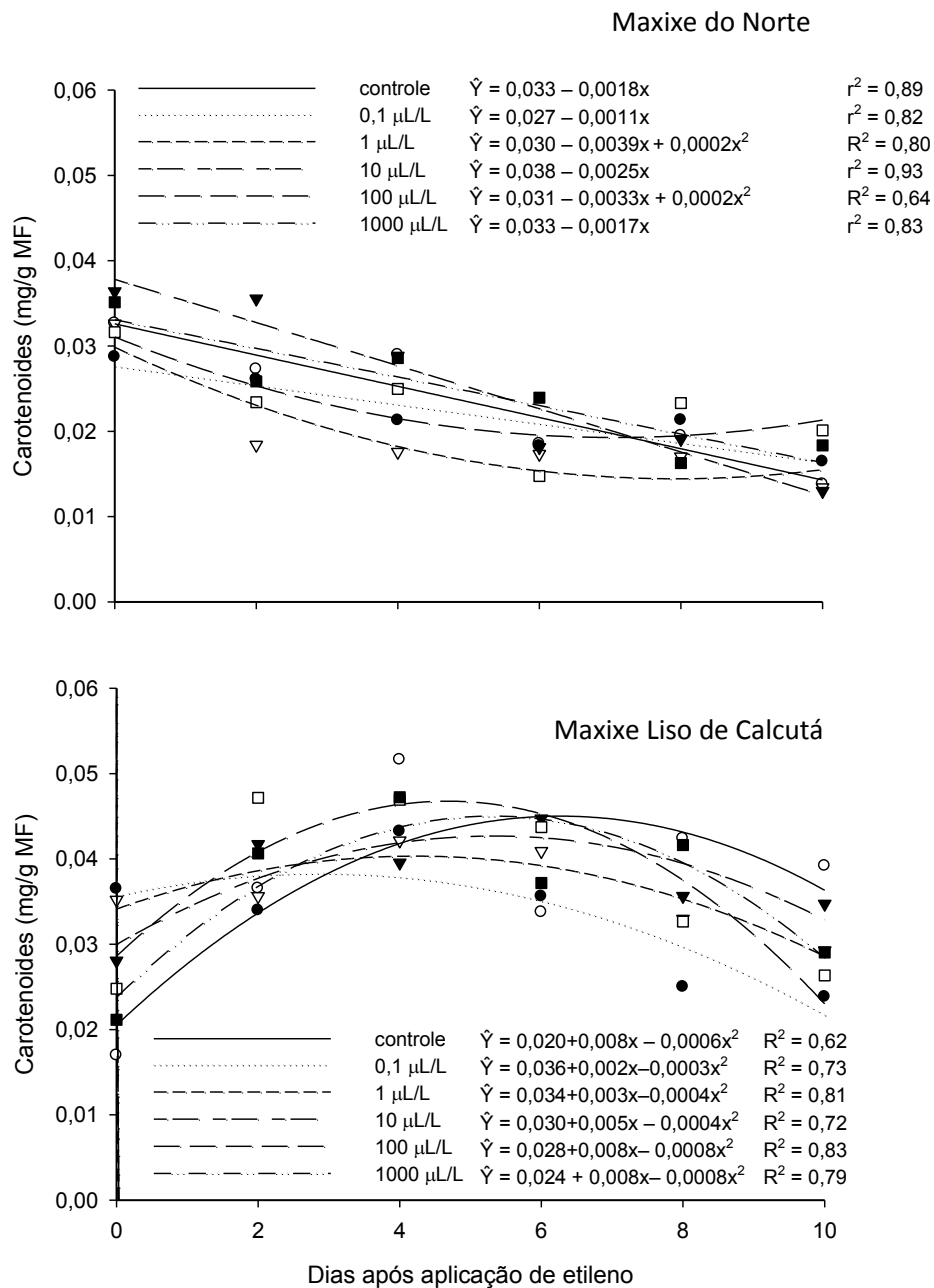


Figura 5. Valor estimado do teor de carotenoides (mg/g de MF) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10, 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado.

3.1.5. Teores de Açúcares Solúveis Totais (AST)

Todos os tratamentos promoveram redução nos níveis de AST ao longo do armazenamento, em frutos de 'Maxixe do Norte' (Figura 6). Os teores de AST dos tratamentos com doses de 1; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ apresentaram comportamento polinomial quadrática decrescente, enquanto os demais tratamentos apresentaram redução linear. Porém, os teores de AST dos frutos dos diferentes tratamentos não apresentaram diferença significativa, sendo a média no primeiro dia de armazenamento de 1,75 % e após uma expressiva redução, ao final de 10 dias de armazenamento os frutos apresentavam valor de 1,03%.

Concomitante, o teor de AR para a cultivar Maxixe do Norte (Figura 7) também apresentou redução ao longo do armazenamento. Os AR apresentaram comportamento linear para frutos do tratamento controle e frutos submetidos à dose de 0,1 e 10 $\mu\text{L/L}$. Frutos dos demais tratamentos tiveram comportamento polinomial decrescente. Porém, as diferentes doses não influenciaram no teor de AR nos frutos de maxixe. Inicialmente, os frutos apresentaram 1,64% de açúcar redutor e após armazenamento, os frutos expressavam valor médio de 1,07% de AR.

Os frutos de 'Maxixe liso de Calcutá' apresentaram similar comportamento dos AST ao longo do armazenamento, ocorrendo redução linear para os tratamentos 1 $\mu\text{L/L}$, 10 e 100 $\mu\text{L/L}$. Os demais tratamentos apresentaram comportamento polinomial decrescente (Figura 6). Inicialmente, os frutos apresentaram teor de AST de 1,71%, com expressiva redução ao longo do armazenamento, valor final de 0,96 %.

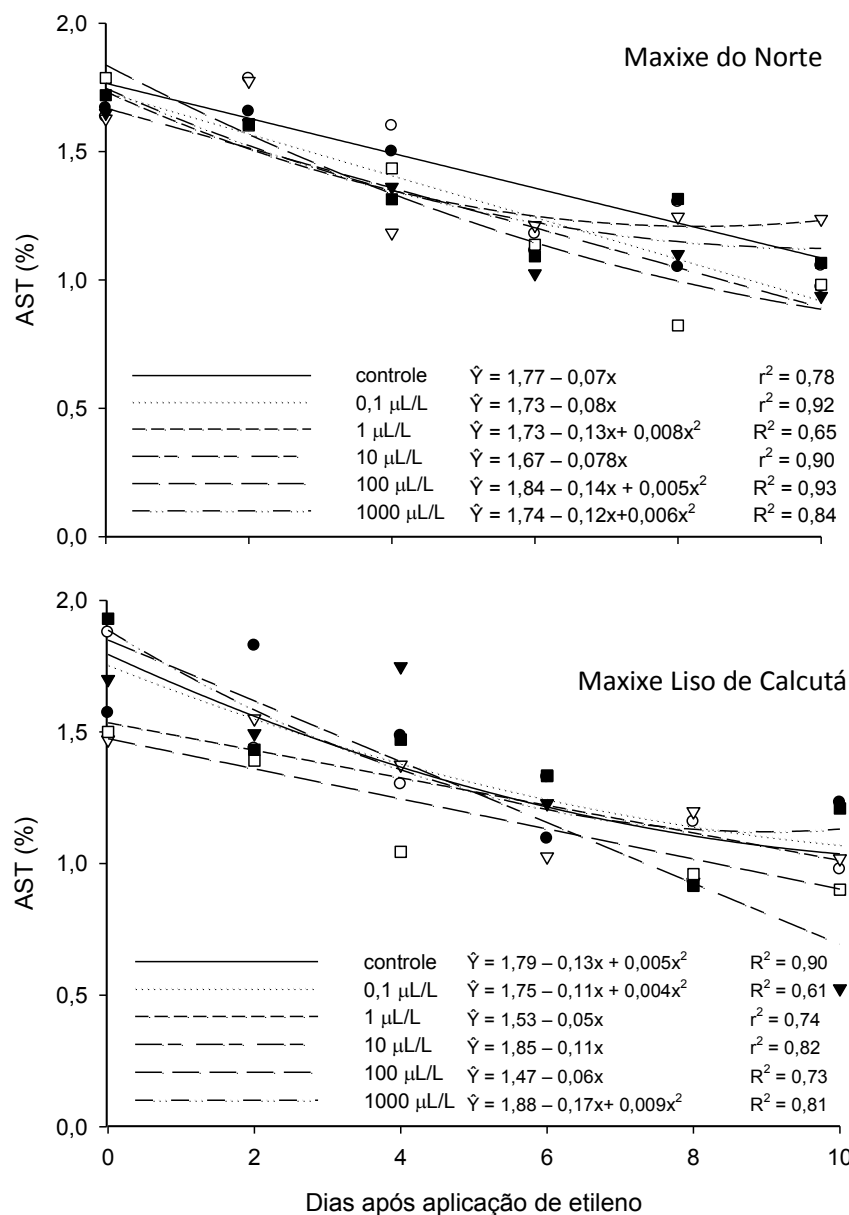


Figura 6. Valor estimado do teor de açúcares solúveis totais (%) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10; 100 e 1000 µL/L) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado.

Os AR presentes nos frutos de ‘Maxixe Liso de Calcutá’ também apresentaram redução no armazenamento (Figura 7). Frutos do tratamento controle, além dos que receberam dose de 100 e 1000 µL/L, apresentaram comportamento polinomial

decrecente, os demais frutos apresentaram comportamento linear. Inicialmente os frutos controle e os submetidos à dose de 1000 $\mu\text{L/L}$ apresentaram os maiores valores de AR, indicando que a aplicação de etileno não interferiu no teor de AR.

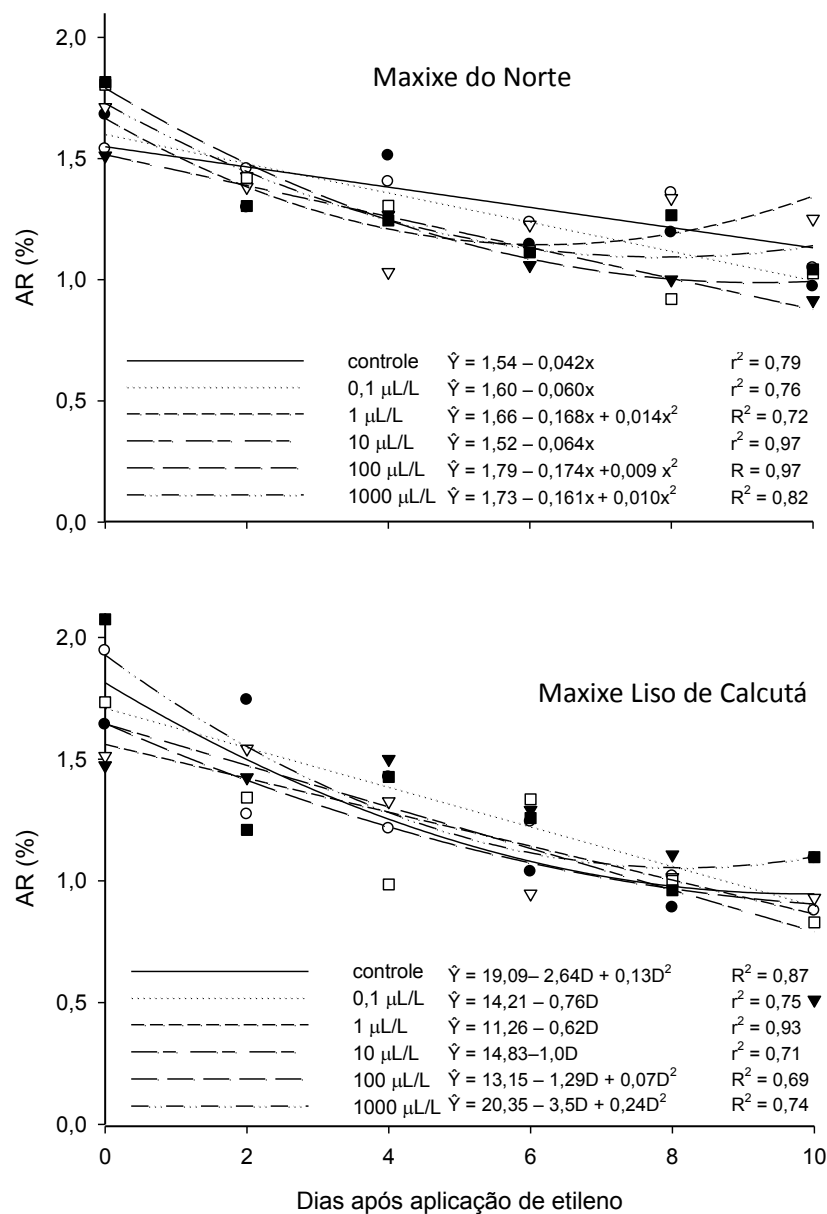


Figura 7. Valor estimado do teor de açúcar redutor (%) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado.

Dos açúcares solúveis totais, os açúcares redutores foram predominantes durante todo o período de avaliação. A redução desses açúcares ao longo do armazenamento possivelmente é devido sua utilização como substratos no processo respiratório dos frutos. A respiração que ocorre nos frutos é responsável pela diminuição desses açúcares, pois são convertidos em trioses para entrarem na via glicolítica e seguir o ciclo respiratório. Esse processo natural das plantas consome glicose e frutose, principais açúcares redutores, diminuindo a concentração desses metabólitos ao longo do período pós-colheita. A glicose, geralmente, é citada como principal substrato para respiração, contudo em uma célula vegetal em funcionamento, o carbono pode derivar de amido, de lipídios, de ácidos orgânicos e mais raramente de proteínas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Os ANR e amido não tiveram elevado coeficiente de determinação, logo os modelos de regressão não explicaram o comportamento desses carboidratos, sendo utilizada a estatística descritiva para apresentar os dados.

Inicialmente, os frutos de ‘Maxixe do Norte’ apresentavam baixo teor de ANR, 0,04%, com subsequente elevação, alcançando valor de 0,2% no segundo dia. A partir desse período o teor de ANR reduziu até o final do armazenamento, alcançando valor de 0,02% (Figura 8).

Nos frutos de “Maxixe Liso de Calcutá” os teores de ANR foram ainda menores, sendo 0,03% no primeiro dia, se elevando para 0,12% no segundo dia, com posterior redução (Figura 8).

Apesar das elevações no teor desse açúcar, os valores são inexpressivos, por não ser o açúcar predominante em frutos de maxixe.

A síntese inicial de ANR ocorre através da utilização de glicose e frutose como substrato, isso explica os comportamentos de açúcares redutores no gráfico anterior. Posteriormente, ocorre a degradação dos ANR, onde a clivagem desse açúcar libera glicose após sucessivas reações, provavelmente sendo utilizada no processo respiratório ou para síntese de outros metabólitos.

A conservação pós-colheita está relacionada com elevados valores de açúcares solúveis, resultando em níveis mais elevados de clorofila, antioxidante e compostos fenólicos (HASPERUÍ et al., 2011). A utilização de inibidor de etileno, em brócolis, retardou sua senescência, reduzindo a degradação de clorofila e mantendo mais elevado

os valores de açúcares, provavelmente fornecendo os açúcares como suprimento para o processo respiratório por um período maior (XU et al., 2016).

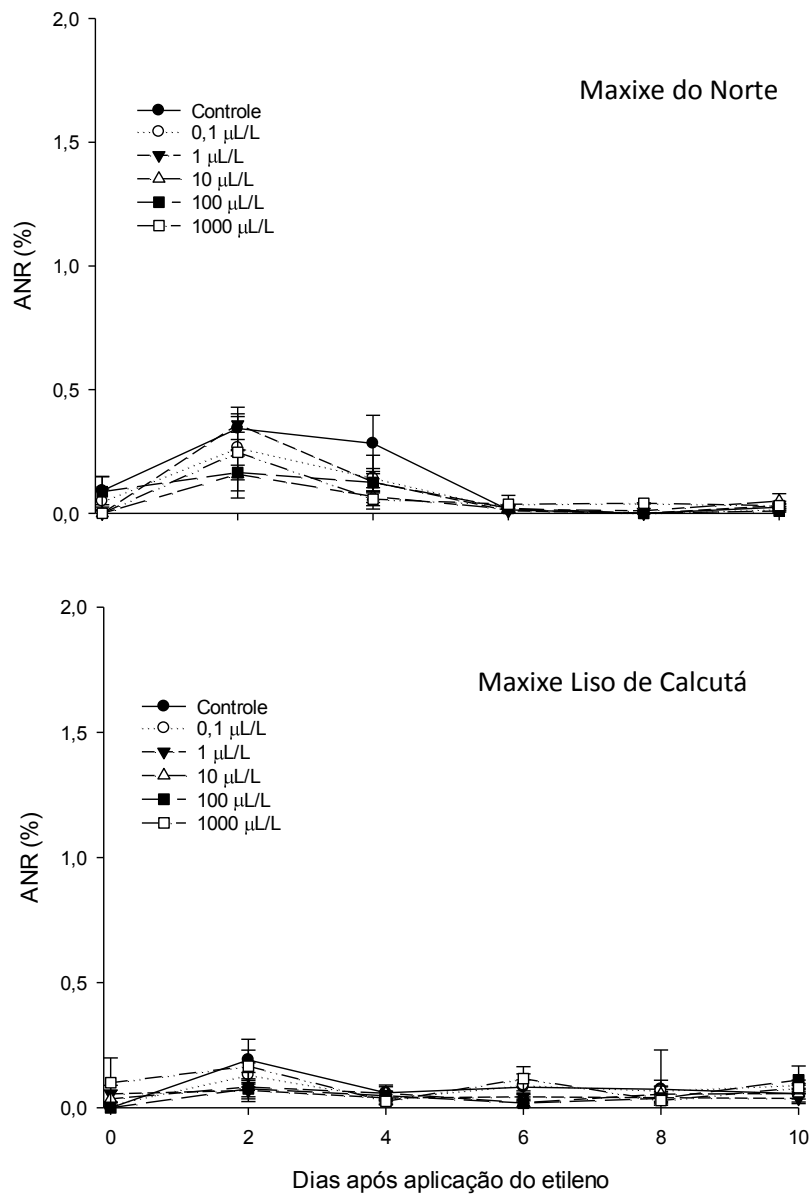


Figura 8. Teor de açúcar não redutor (%) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10, 100 e 1000 µL/L) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado. As barras verticais representam o erro padrão da média.

3.1.6. Teor de amido

O amido apresentou um comportamento contrário ao do ANR. Inicialmente, frutos de ‘Maxixe do Norte’ apresentaram valor médio de 0,7 % ocorrendo uma redução para 0,3 % no 4º dia de avaliação com posterior síntese (Figura 9).

A clivagem do amido pode estar sendo utilizada no processo respiratório ou na síntese dos ANR. O posterior aumento está associado à diminuição dos açúcares, pois a clivagem da sacarose libera glicose e frutose que são utilizados na síntese de amido.

No entanto, frutos de ‘Maxixe Liso de Calcutá’ não mostraram uma tendência clara, apresentando menor valor, 0,4 %, no 4º dia de avaliação (Figura 9).

Considerando que o etileno está envolvido em processos de amadurecimento em frutos climatéricos e não climatéricos, era esperado que o aumento das concentrações de etileno alterasse o comportamento metabólico e conseqüente alteração na resposta dos frutos quanto à síntese e degradação de carboidratos. Porém, em trabalho com jiló (MENDES, 2013), como no presente trabalho, não foi evidenciado alteração dos açúcares decorrente do aumento das concentrações de etileno.

Possivelmente, nessa fase do desenvolvimento do maxixe, o etileno exógeno não proporcionou estímulo à síntese de receptores. Sem os receptores não ocorre ação do etileno, como aumento do metabolismo e conseqüentemente da respiração, o que impediu uma maior diminuição dos teores dos açúcares, nas maiores concentrações aplicadas. Os processos de síntese e degradação dos açúcares podem também ser através de vias bioquímicas independentes do etileno, visto que a supressão de etileno em melão ‘Charentais’ não afetou o acúmulo de açúcares e ácidos orgânicos, no entanto bloqueou o amarelecimento da casca (GUIS et al., 1997).

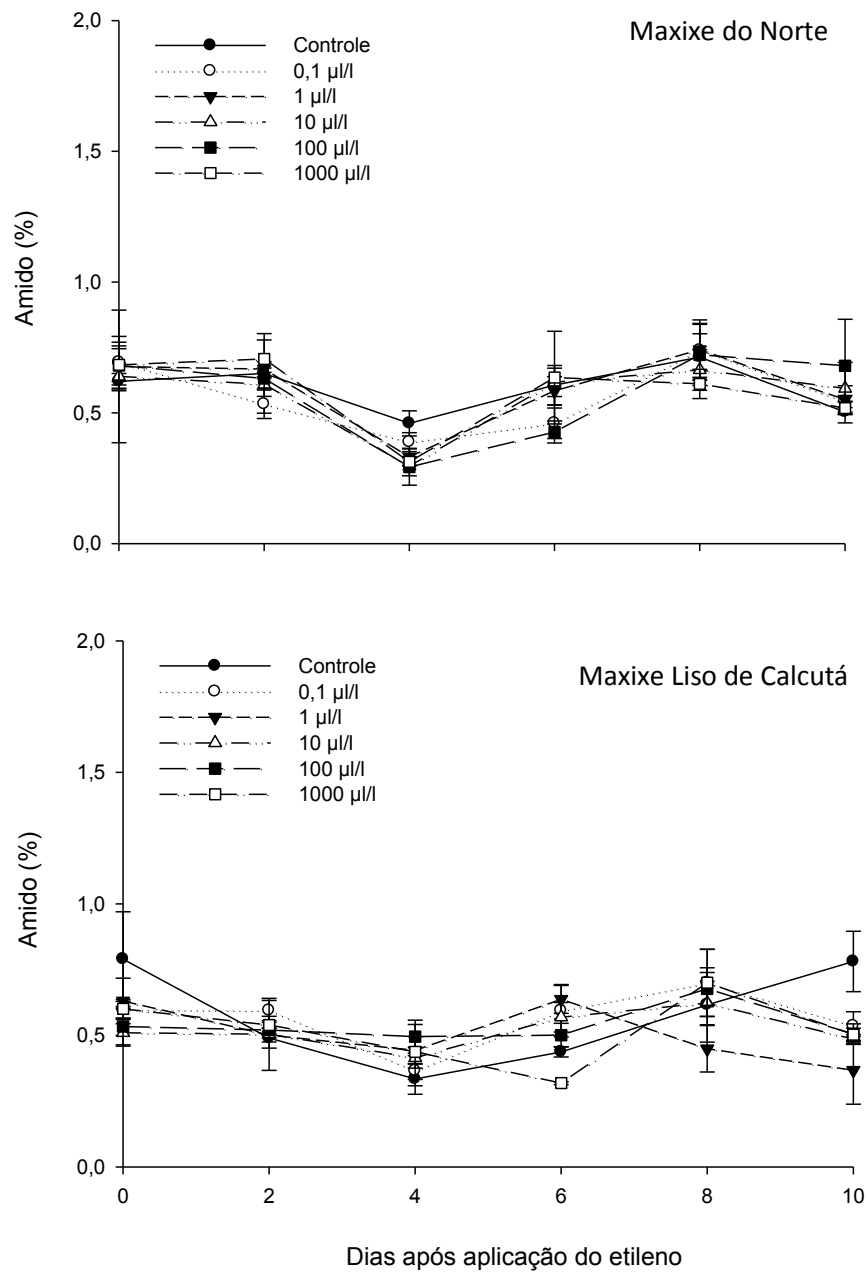


Figura 9. Teor de amido (%) em frutos de ‘Maxixe do Norte’ e ‘Maxixe Liso de Calcutá’, após 48 horas, submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10, 100 e 1000 µL/L) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Os dados apresentados até agora podem ser relacionados com o aspecto visual dos frutos da cultivar Maxixe do Norte (Figura 10) e Maxixe liso de Calcutá (Figura 11).

Frutos de ‘Maxixe do Norte’, após 48 horas em contato com o etileno gasoso (dia zero), não apresentaram nenhuma alteração visual, apresentando-se com aparência completamente verde. No segundo dia de avaliação, os frutos encontravam-se uniformemente amarelecidos. No 4º dia, frutos das concentrações 10, 100 e 1000 µL/L estavam ligeiramente mais amarelecidos que os demais tratamentos, possivelmente devido às enzimas não dependentes do etileno, como a peroxidase, envolvida no processo de degradação do fruto, como senescência e oxidação (VAN HUUSTEE, 1987, MAYER, 2006). A partir do 6º dia os frutos já se encontravam completamente amarelecidos, para todas as doses aplicadas.

Os frutos de ‘Maxixe Liso de Calcutá’ mantiveram a coloração verde durante todo o período de avaliação. A aparência dos frutos está de acordo com os resultados do teor de clorofila, visto que frutos dessa variedade apresentaram maior teor de clorofila, mesmo após a degradação os valores foram superiores aos da cultivar Maxixe do Norte.

Os frutos de ‘Maxixe Liso de Calcutá’ foram caracterizados (Capítulo 1) com coloração verdes durante todo o período de desenvolvimento e amadurecimento, enquanto os ‘Maxixes do Norte’ se apresentavam amarelecidos no 15º dia. Logo, considerando que os frutos colhidos na maturidade comercial são insensíveis ao etileno, era esperado que eles se mantivessem com a coloração verde por um período superior aos frutos ‘Maxixe do Norte’, dado que é uma característica dessa variedade.

A sensibilidade de um tecido ao etileno depende do estágio de desenvolvimento, do órgão da planta, da concentração do etileno e do tempo de exposição (HOYER, 1996). Visto que os frutos tiveram colheita em estágio determinado, a ausência de sensibilidade pode estar relacionada ao estágio de desenvolvimento dos frutos de maxixe, relacionado com a quantidade de receptores nessa fase de desenvolvimento do fruto. Embora ainda não sejam bem conhecidos os detalhes moleculares de muitas respostas ao etileno, sabe-se que os sinais para estas respostas são intermediadas pelas proteínas receptoras de etileno, localizadas na membrana celular (KEYGE, 2002).

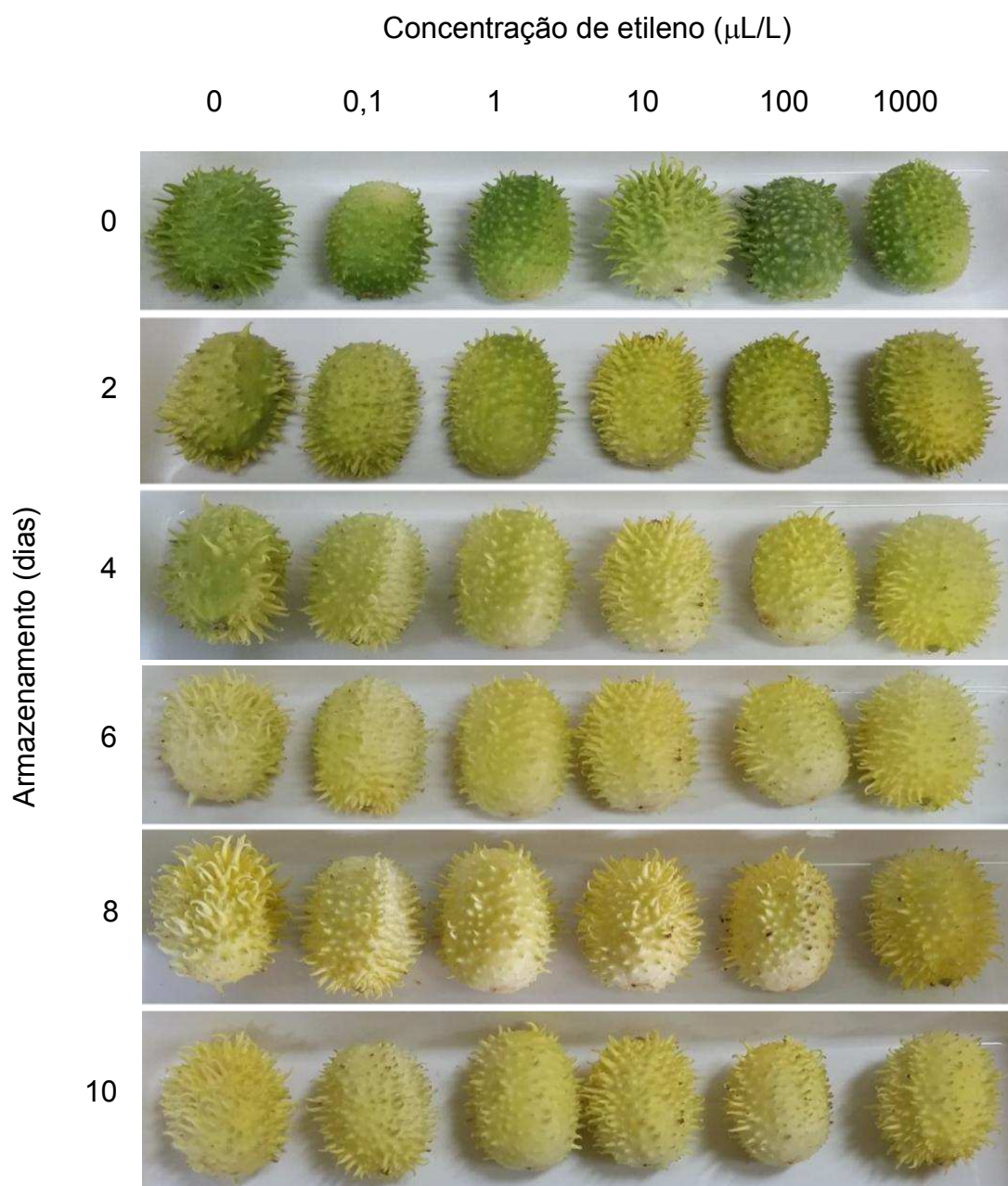


Figura 10. Frutos de ‘Maxixe do Norte’ ao longo do armazenamento, após aplicação de diferentes concentrações (0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) de etileno e o controle, sem aplicação.

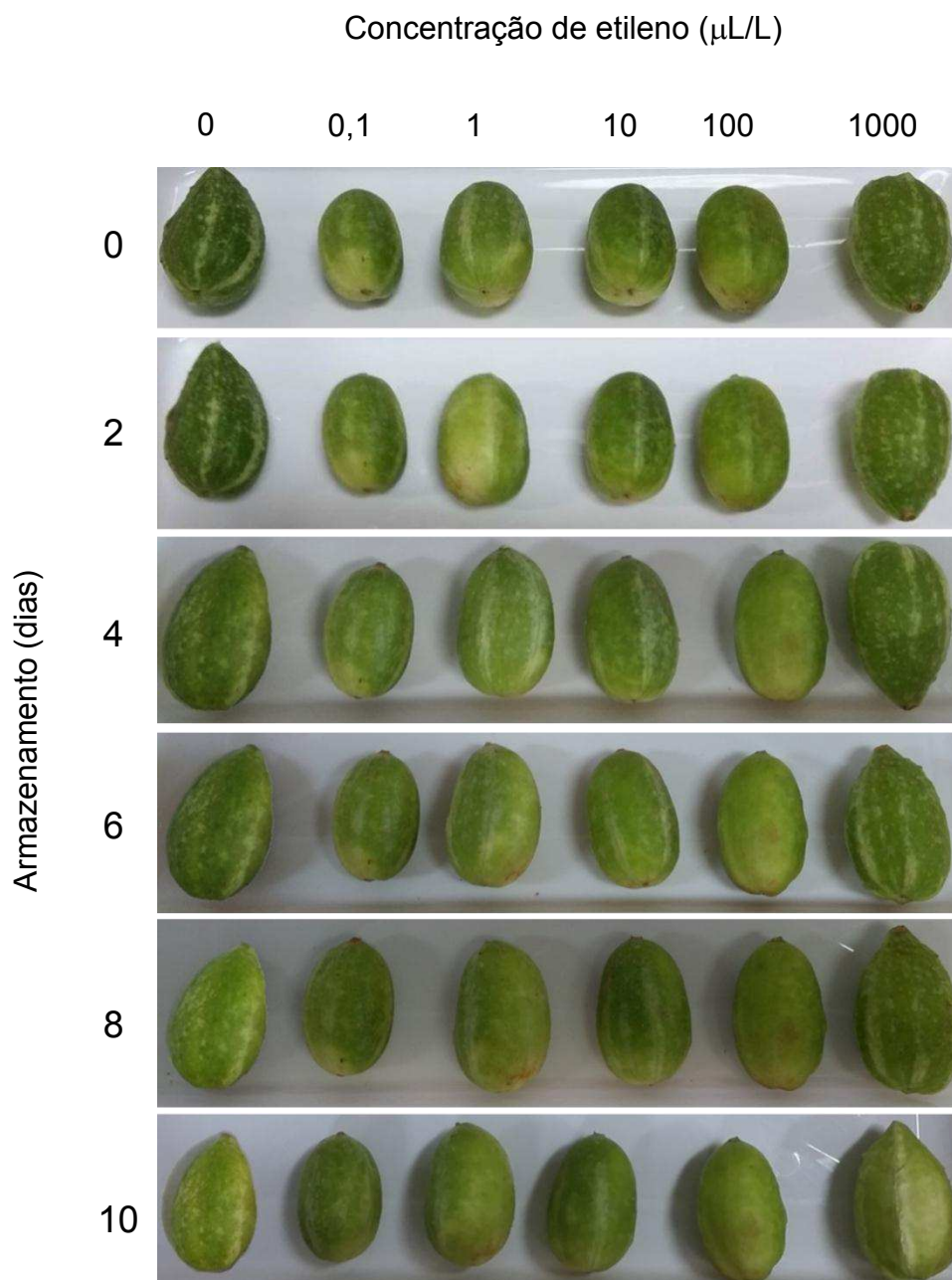


Figura 11. Frutos de ‘Maxixe liso de Calcutá’ ao longo do armazenamento, após aplicação de diferentes concentrações (0,1; 1; 10, 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) de etileno e o controle, sem aplicação.

3.2. Experimento II – Frutos obtidos do CEASA

3.2.1. Perda de Massa Fresca (PMF)

A PMF dos frutos de maxixe não tratados e tratados com doses de 0,1; 1 e 10 $\mu\text{L/L}$ de etileno foi menor comparado aos frutos que receberam os demais tratamentos, o que ocasionou maior tempo de armazenamento, 8 dias (Figura 12). Os frutos tratados com 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ atingindo tempo máximo de armazenamento de 4 dias. Nesse dia, a PMF desses frutos era 22,5 % superior aos frutos que receberam doses mais baixas, que atingiram esse valor de PMF apenas no 7º dia após aplicação do tratamento.

A falta de homogeneidade na colheita dos frutos comercializados no CEASA implica, possivelmente, em frutos de diferentes estádios de maturação, visto que nas caixas encontravam-se frutos de diferentes tamanhos. A sensibilidade da maioria dos frutos ao etileno aumenta na medida em que o fruto se aproxima da maturidade fisiológica e do início do amadurecimento (SENHOR et al., 2009).

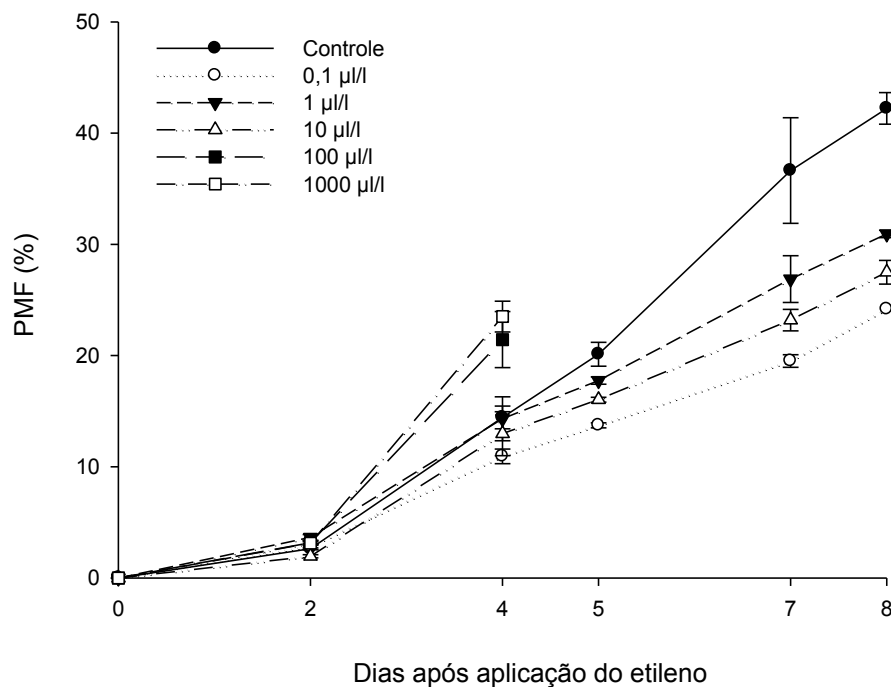


Figura 12. Perda de Massa Fresca (%) em frutos de maxixe após o período da aplicação de diferentes concentrações (0,1; 1; 10; 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) de etileno e sem aplicação (controle). As barras verticais representam o erro padrão da média.

A maior PMF em frutos que receberam maiores doses pode estar relacionada à colheita desuniforme, como pode ser observada no desverdecimento heterogêneo na Figura 13. Os frutos, em todos os tratamentos, apresentaram coloração heterogênea, principalmente aqueles que receberam doses a partir de 10 $\mu\text{L/L}$, onde se pode observar claramente frutos de coloração mais verde e outros mais amarelecidos.



Figura 13. Frutos de maxixe obtidos do Ceasa, imediatamente após abertura dos baldes (dia zero) onde foram aplicadas doses crescentes de etileno: controle, 0,1; 1, 10, 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ de etileno.

Assim, a maior sensibilidade pode estar relacionada com o estágio de desenvolvimento dos frutos, porém os mecanismos de alteração da sensibilidade de frutos desenvolvidos ao etileno ainda não são conhecidos (PAUL et al., 2012).

3.2.2. Teor de clorofila

O teor de clorofila apresentou expressiva redução após aplicação das doses de etileno (Figura 14). Inicialmente, os frutos apresentaram média de 0,18 mg/g de MF. Depois de submetidos às dosagens de 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ com, apresentou redução de 61 e 67%, respectivamente, no segundo dia após aplicação dos tratamentos. Enquanto os outros tratamentos reduziram em média, aproximadamente, 44%, nesse mesmo dia, seguindo com degradação progressiva da clorofila até o último dia de avaliação, apresentando média de 0,026 mg/g de MF.

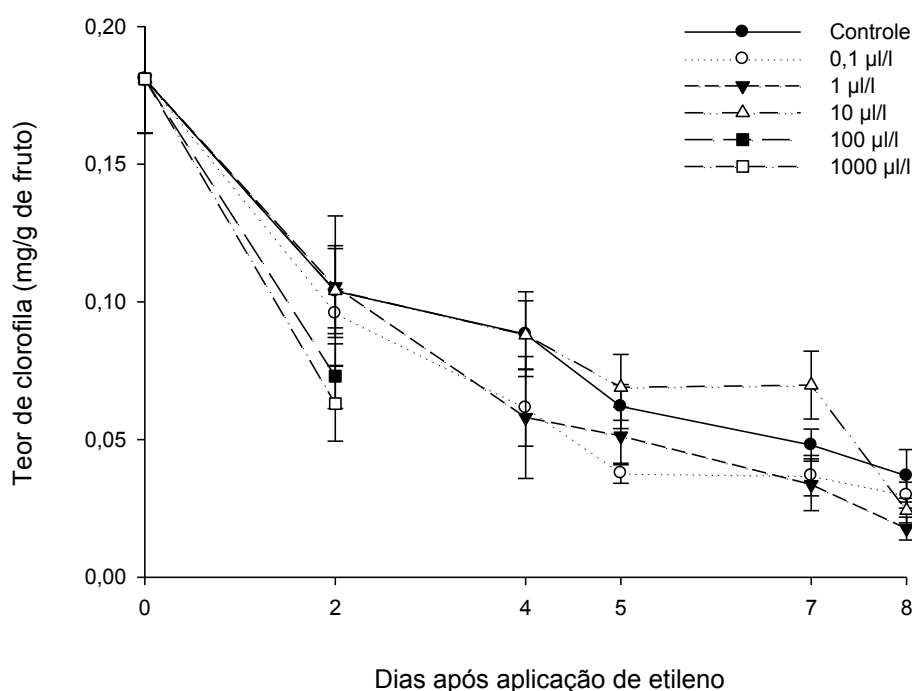


Figura 14. Teor de clorofila (mg/g de MF) em frutos de maxixe (obtidos do Ceasa) influenciado pelas diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10, 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$) e sem aplicação (controle), ao longo do período armazenado. As barras verticais representam o erro padrão da média.

No 4º dia de avaliação, os frutos tratados com 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ de etileno, estavam extremamente amarelecidos e deteriorados (Figura 15), o que impediu a determinação do teor de clorofila nesse dia.

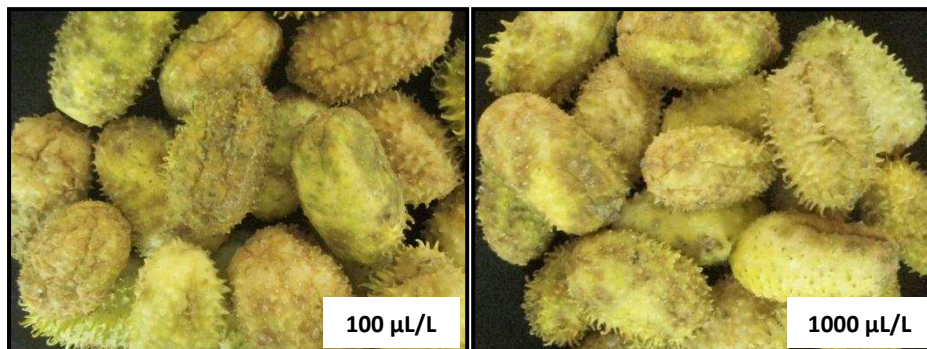


Figura 15. Frutos de maxixe obtidos do Ceasa amarelecidos e deteriorados, após quatro dias da aplicação das concentrações 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ de etileno.

O etileno acelera o processo degradativo da clorofila. Ele promove aumento da atividade das enzimas clorofilase e oxidase, responsáveis pela degradação desse pigmento, convertendo as clorofilas a e b em fitol e clorofilide (MATILE et al., 1999). Essa expressiva redução na clorofila, comparada aos frutos obtidos da horta da UFV pode estar associada aos receptores de membrana. Katz et al. (2004) mostraram que frutos cítricos jovens não são capazes de sintetizar etileno autocatalítico. Por contraste, frutas cítricas totalmente desenvolvidas, tratadas com etileno, são capazes de acelerar o desverdecimento, mas não outros aspectos do amadurecimento (KATZ et al., 2004).

A sensibilidade ao etileno representa importante papel durante o transporte e comercialização, já que o ar é comumente contaminado com esse gás (MULLER et al., 2000). Os efeitos indesejáveis causados pela presença de etileno durante os processos de transporte e comercialização limitam a qualidade comercial.

Apesar dos frutos de maxixe obtidos do CEASA, submetidos às doses de 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$ de etileno, terem deteriorado mais rápido, essas concentrações de etileno não são encontradas naturalmente em ambiente fechados (KRAN, 2006), logo os frutos são considerados poucos sensíveis ao etileno.

ESTUDO II - PADRÃO CLIMATÉRICO DE FRUTOS DE MAXIXE

Frutos de maxixe da cultivar Maxixe do Norte apresentaram elevada taxa respiratória (produção de CO₂) (Figura 16) no dia em que os frutos foram retirados dos baldes, sendo o tratamento com a maior dose aplicada, 1000 µL/L, o que apresentou maior taxa respiratória, 46 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹, ao contrário do tratamento controle, que apresentou menor taxa respiratória, 25,4 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹. Esse resultado está de acordo com resultados de Hurr et al. (2009), onde aplicação de etileno em frutos de pepino (*Cucumis sativus* L., cv. Manar) em todos os estádios de maturação ocasionou aumento da taxa respiratória, sendo reduzida após o armazenamento. Os frutos de maxixe, após 24 horas da retirada do etileno exógeno, apresentaram expressiva redução na respiração, atingindo valor de 9,8 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹, com sucessivas reduções até o último dia de avaliação, apresentando valor de 0,073 µLCO₂Kg⁻¹hr⁻¹.

‘Maxixe Liso de Calcutá’ também apresentou elevada taxa respiratória imediatamente após aplicação dos tratamentos, porém frutos do tratamento controle apresentaram respiração tão elevada quanto frutos com dose de 1000 µL/L, com valores de 40,8 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹ e 41,6 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹, respectivamente (Figura 16). A taxa respiratória dos frutos apresentou sucessiva redução tornando praticamente constante a partir do 5º dia, com média dos tratamentos de 1,7 mLCO₂Kg⁻¹hr⁻¹.

O etileno exógeno não estimulou a respiração em frutos de maxixe, exceto no primeiro dia para frutos da cultivar Maxixe do Norte que receberam a dosagem de 1000 µL/L de etileno, porém aumento na respiração e na produção de etileno em frutos não climatéricos ou não é observado, ou é apenas transitória, mesmo após a aplicação de etileno (KAYS & PAULL, 2004).

O etileno exógeno não estimulou a produção autocatalítica nos frutos das duas variedades estudadas, não sendo detectado picos de etileno no cromatógrafo, que tem capacidade mínima de detecção de 50 ppb. Em frutos de pepino também não foi detectado estímulo à síntese de etileno autocatalítico quando aplicado em frutos colhidos no ponto de colheita comercial, porém detectado em frutos com sintomas visíveis de deterioração (HURR et al., 2009).

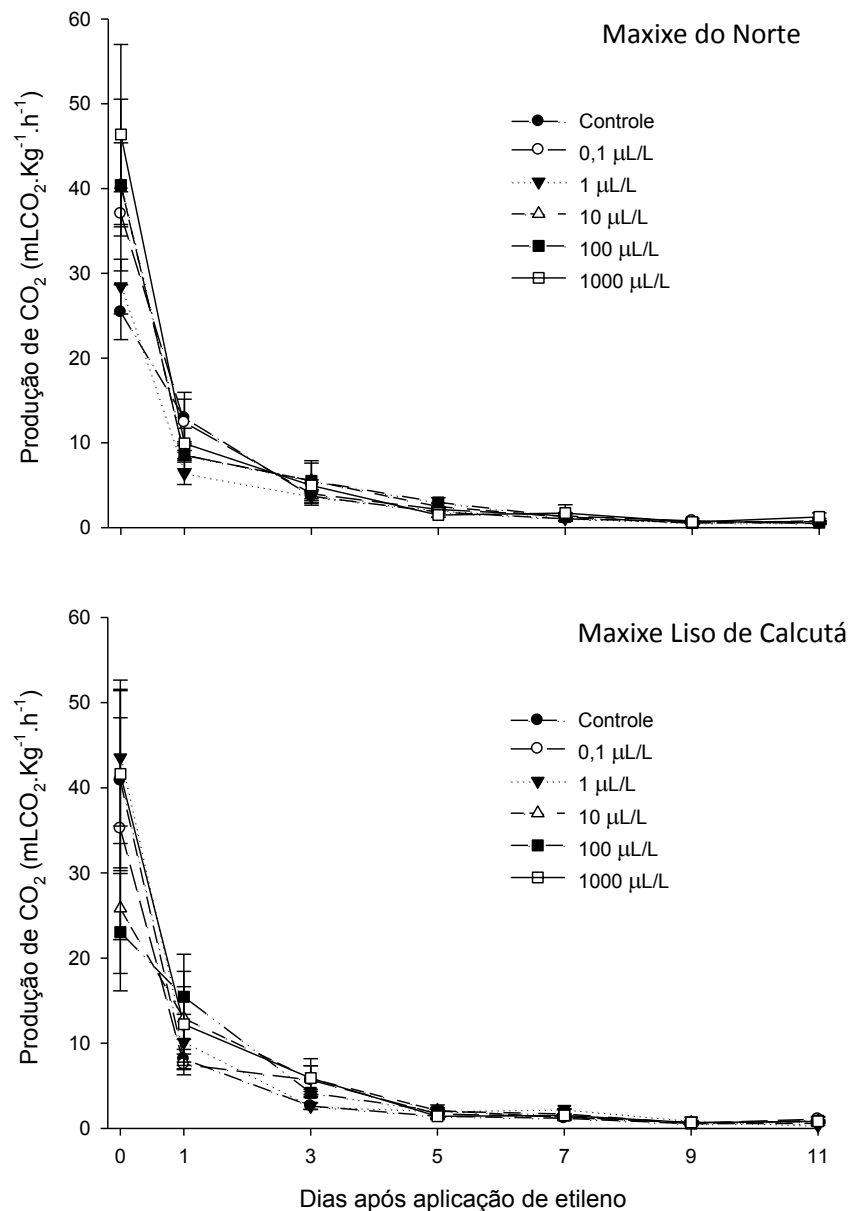


Figura 16. Produção de CO₂ (µL CO₂.Kg⁻¹.hr⁻¹) por frutos de maxixe submetidos às diferentes concentrações de etileno gasoso (0,1; 1; 10; 100 e 1000 µL/L) e ausência de etileno (controle), ao longo dos dias após aplicação de etileno, por 48 horas. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Contudo, frutos de maxixe não apresentam comportamento climatérico, visto que esse comportamento é definido por aumento na respiração concomitante com a produção de etileno, além das mudanças relacionadas ao amadurecimento (IANNETTA et al., 2006).

4. CONCLUSÕES

- Frutos de maxixe, das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, colhidos em ponto de colheita comercial, não são sensíveis ao etileno exógeno.

- Frutos de maxixe obtidos do Ceasa, são pouco sensíveis ao etileno exógeno, visto que os frutos manifestam alterações com concentrações elevadas, 100 e 1000 $\mu\text{L/L}$.

- O ponto de colheita dos frutos de maxixe interfere na resposta desses ao etileno

- Frutos de maxixe, das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, podem ser classificados como não climatéricos com base no comportamento respiratório e de produção de etileno.

5. REFERÊNCIAS

- ABDI, N.; MCGLASSON, W. B.; HOLFORD, P.; WILLIAMS, M.; MIZRAHI, Y. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with Propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 29-39. 1998.
- ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 377, p. 2039-2055, 2002.
- BALDWIN, E. A., CITRUS FRUIT. IN: SEYMOR, G. B.; TAYLOR, J. E., TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, p. 255-271. 1994.
- BARRY, C.S.; LLOP-TOUS, M.I.; GRIERSON, D. The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. **Plant Physiology**, v.123, n. 3, p. 979–986, 2000.
- BINDER, B. M. The ethylene receptors: complex perception for a simple gas. **Plant Science**, v.175, p. 8-17, 2008.
- CAO, S., YANG, Z., ZHENG, Y. 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. 2012.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, p. 785. 2005.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356. 1956.
- ELLIOTT, J.G. Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. **Food Technology**, v. 53, n.2, p. 46 – 48, 1999.
- FINGER, F.L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Caderno Didáticos 19. Editora UFV, Viçosa- MG, 29 p. 2007.
- GIOVANNONI, J. J. Genetic regulation of fruit development and ripening. **The Plant Cell**, v. 16, p. 170 – 180. 2004.
- GOLDSCHMIDT, E.E. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: a role for ethylene. **Acta Horticulturae**, n.463, p.325-334, 1997.

- GUIS M, BOTONDI R, BEN AMOR M, AYUB R, BOUYAZEN M, PECH JC, LATCHÉ A. Ripening-associated biochemical traits of cantaloupe charentais melons expressing an antisense ACC oxidase transgene. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.122, p.748–751, 1997.
- HASPERUÉA, J. H., CHAVESA, A. R., MARTÍNEZ, G. A. End of day harvest delays postharvest senescence of broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, v.59, n.1, p. 64-70. 2011.
- HOYER L. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* ‘Janne’ is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. **Journal of Horticultural Science**, v.1, p.621-628, 1996.
- HURR, B. M., HUBER, D. J., VALLEJOS, C. E., TALCOTT, S. T. Developmentally dependent responses of detached cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruit to exogenous ethylene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, p. 207–215. 2009.
- IANNETTA PPM, LAARHOVEN LJ, MEDINA-ESCOBAR N, JAMES EK, MCMANUS MT, DAVIES HV, HARREN FJM. Ethylene and carbon dioxide production by developing strawberries show a correlative pattern that is indicative of ripening climacteric fruit. **Physiologia Plantarum**, v.127, p.247–259. 2006.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IMESP, v.1, p.183. 1985.
- KATZ, E., LAGUNES, P.M., RIOV, J., WEISS, D., GOLDSCHMIDT, E.E. Molecular and physiological evidence suggests the existence of a system II-like pathway of ethylene production in non-climacteric Citrus fruit. **Planta** 219:243–252. 2004.
- KAYS SJ, PAULL RE. Metabolic process in harvested products. In: Post harvest biology. Exon Press, Athens, GA; p. 79–136. 2004.
- KRAN, A. N. **Ethylene action in plants**. Netherlands, Springer, 2006. 205p.
- LELIÈVRE, J., LATCHÉ, A., JONES, B., BOUZAYEN, M., PECH, J. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v. 101, p. 727-739. 1997.
- LICHTENTHALER, H.K. **Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes**. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.) *Methods Enzymol.*, San Diego, v.148, p. 350-382, 1987.
- MA, B., CUI, M. L. SUN, H. J., TAKADA, K. MORI, H., KAMADA, H., EZURA, H. Subcellular localization and membrane topology of the melon ethylene receptor CmERS1. **Plant Physiology**, v. 141, p. 587-597. 2006.

- MATILE P, HÖRTENSTEINER S, THOMAS H. Chlorophyll degradation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p. 67–95. 1999.
- MAYER, A. M. Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review. **Phytochemistry**, New York, v.67,n.21, p.2318-2331, 2006.
- MAYUONIA, L.; TIETELA, Z.; PATILB, B. S.; PORAT, R. Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit? **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, p. 50–58. 2011.
- McCREADY, R.M., GUGGOLZ, J., SILVEIRA,V., OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.
- MENDES, T. D. C. **Crescimento e fisiologia do amadurecimento em frutos de jiló**. Tese (Doutorado em fisiologia) – Universidade Federal de Viçosa. 2013.
- MERCADO-SILVA, E.; BENITO-BAUTISTA, P.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, p. 143-50, 1998.
- MOLINARI AF; CASTRO LR; ANTONIALI S; PORNCHALOEMPONG P; FOX AJ; SARGENT SA. 1999. The potential for bell pepper harvest prior to full color development. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society** 112: 143-146.
- MÜLLER R, LIND-IVERSEN S, STUMMANN BM, SEREK M. Expression of genes for ethylene biosynthetic enzymes and anethylene receptor in senescing flowers of miniature roses. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, 75:12–18. 2000.
- NELSON, N.A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p.375-380, 1944.
- NUNES, I. J. *Nutrição Animal Básica*. 2ª ed. Belo Horizonte. 1998. FEP-MVZ Editora, 387p.
- PAUL, V., PANDEY, R., SRIVASTAVA, G. C. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene - An overview. **The Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n.1, p.1–21, 2012.
- RODRIGO, M. J., ZACARIAS, L. 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**, Amsterda, v. 43, p. 14-22, 2007.

- SEGATTO, F.B. **Avaliação da qualidade “pós-produção” de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) cultivada em vaso.** Viçosa: UFV, 2007. Tese de Doutorado.
- SENHOR, R.F.; SOUZA, P.A.; NETO, R.C.A.; PINTO, A.C. Controle através de bloqueadores de etileno. **Revista Verde**, v.4, n.2, p. 15- 22. 2009.
- SILVA, F. C.; RIBEIRO, W. S. ; FRANCA, C. F. M. ; ARAUJO, F. F. . Action of Potassium Permanganate on the Shelf-Life of Cucumis anguria Fruit. **Acta Horticulturae**, v. 1071, p. 105-111, 2015.
- SUN, T., XU, Z., WU, C.T., JANES, M., PRINYAWIWATKUL, W., NO, H.K. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, 72, 98-102. 2007.
- TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al 4^a Ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2009.
- TAPIERO, H.; TOWNSEND, D. M.; TEW, K.K.D. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. **Biomedicine Pharmacotherapy**, v.58, p.100-110. 2004.
- TUCKER, **Biochemistry of Fruit Ripening**. G.B. Seymour, J.E. Taylor, G. A. Tucker (Ed), 453p. 1993.
- VAN HUYSTEE, R. B. Some molecular aspects of plantperoxidase biosynthetic studies. **Annual Review of Plant Physiology**, v.38, p.205-219, 1987.
- VILAS BOAS, E. V. B. 1-MCP: um inibidor da ação do etileno. In: Simpósio de controle de qualidade de plantas, Lavras. Anais...Lavras: UFLA, 2002.
- WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 597p.1987.
- XU, F., WANG, H, TANG, Y, DONG, S., QIAO, X., CHEN, X., ZHENG, Y. Effect of 1-methylcyclopropene on senescence and sugar metabolism in harvested broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, v. 116, p. 45–49. 2016.
- YOKOYAMA, S.; SILVA JÚNIOR, A.A. Maxixe: uma hortaliça pouco conhecida. **Agropecuária Catarinense**, Santa Catarina, v. 1, n. 3, p. 12-13, 1988.

CONCLUSÕES GERAIS

- Frutos de maxixe das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe liso de Calcutá apresentaram padrão de crescimento do tipo sigmoide simples, com maior taxa de crescimento (massa fresca e volume), aproximadamente, aos 10 e 11 dias, respectivamente.

- Frutos de 'Maxixe do Norte' tem menor teor de clorofila, comparado ao Maxixe Liso de Calcutá, ficando amarelecidos primeiro, a partir do 15º dia após antese, mesmo não ocorrendo síntese de carotenoides.

- Frutos de 'Maxixe do Norte' possuem as melhores características físico-químicas para a comercialização entre 10 e 13 dias após antese e 'Maxixe liso de Calcutá' entre 11 e 13 dias após antese, sendo o período ideal para a colheita.

- Frutos de maxixe, das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, colhidos em ponto de colheita comercial, não são sensíveis ao etileno exógeno. Frutos de maxixe obtidos do Ceasa são pouco sensíveis ao etileno exógeno.

- O ponto de colheita dos frutos de maxixe interfere na resposta desses ao etileno

- Frutos de maxixe, das cultivares Maxixe do Norte e Maxixe Liso de Calcutá, podem ser classificados como não climatéricos com base no comportamento respiratório e de produção de etileno.