

DANIELLE FABÍOLA PEREIRA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO E CONTROLE DO AMADURECIMENTO DA MANGA
'UBÁ'**

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
2009

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

T

S586d
2009

Silva, Danielle Fabíola Pereira, 1978-
Desenvolvimento e controle do amadurecimento da
Manga 'Úba' / Danielle Fabíola Pereira Silva. – Viçosa,
MG, 2009.
xi, 92f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 76-86.

1. *Mangifera indica*. 2. Manga – Fisiologia pós-colheita.
3. Etileno. 4. Manga - Crescimento. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 634.44

DANIELLE FABÍOLA PEREIRA DA SILVA

Desenvolvimento e controle do amadurecimento da manga ‘Ubá’

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: 25 de novembro de 2009.

Prof. Dalmo Lopes de Siqueira
(Coorientador)

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)

Prof. Marlon Cristian Toledo Pereira

Pesq. Cláudia Rita de Souza

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão
(Orientador)

À minha Mãe (Inácia), meu esposo (Marcelo)
e aos meus irmãos, com carinho.

Dedico

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”
Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

À Deus pela presença constante em minha vida, por todas as oportunidades.

A minha amada Mãe, Inácia, por ser a “argamassa” que mantém juntos os ladrilhos da família. Obrigada pela sólida educação, o que me proporcionou a continuidade nos estudos até a chegada a conclusão desse curso, meus eternos agradecimentos. Obrigada pelo exemplo de vida e determinação!!!

Ao meu esposo Marcelo Pimenta, meu companheiro de vida, que assumiu, com dedicação extrema, muita das minhas responsabilidades familiares, propiciando a minha dedicação integral ao curso especialmente nos dias em que antecederam a defesa. Para tanto, foi indispensável à compreensão e o imenso amor. Você tornou todos os momentos mais leves e mais agradáveis!

Aos meus irmãos Wagner, Ivan, Emerson, Éder Danilo e em especial à minha irmãzinha do coração Iata Fabianna, pelo incentivo e pela torcida. A minha cunhada Raquel e meu sobrinho Guilherme Matheus pela alegria que trouxeram a nossa família.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela ajuda financeira.

Ao Professor Luiz Carlos Chamhum Salomão, obrigada por ouvir todas as questões, dúvidas e problemas que surgiam durante os experimentos. Obrigada por ser um interlocutor paciente, pela oportunidade oferecida, pela orientação e principalmente pelo bom convívio durante os cursos de Mestrado e Doutorado.

Aos Professores Paulo Roberto Cecon e Dalmo Lopes de Siqueira, pelas valiosas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Professor Marlon Cristian Toledo Pereira e a Pesquisadora Cláudia Rita, pela disposição em participar da banca examinadora e pelas sugestões e correções que muito enriqueceram este trabalho.

Aos Professores Cláudio Horst Bruckner e Laércio Zambolim pelos ensinamentos, amizade e em especial pelo agradável convívio.

Aos amigos Aline Rocha, Beatriz G. Brasileiro e Cícero Cartaxo Lucena, pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas de laboratório Aline, Luana, Ricardo, Railene Hérica, Robson, Tiago, Rithiely, Márcio Gama, Andréa, Nivaldo e Tiago com quem compartilhei, mais de perto, dúvidas e conhecimentos.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Tatiani, pela disposição para o bom andamento dos trabalhos.

BIOGRAFIA

DANIELLE FABÍOLA PEREIRA SILVA, filha de José Dermeval Pereira e Inácia Alípio da Silva Pereira, nasceu na cidade de Montes Claros, Minas Gerais, em 27 de fevereiro de 1978.

Em agosto de 1997, ingressou na Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), graduando-se em Engenharia Agrônômica em julho de 2002.

Em maio de 2002, foi contratada como Bolsista Pesquisadora pela Rohm and Haas Química Ltda. para desenvolver trabalhos com fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças na Universidade Federal de Viçosa até agosto de 2004.

Nesse mesmo mês e ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em 24 de julho de 2006.

Em novembro 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Doutorado, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em 25 de novembro de 2009.

CONTEÚDO	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 Desenvolvimento do fruto.	1
1.2 Aplicação pré-colheita de etileno.....	4
1.3 Aplicação pós-colheita de etileno.....	7
CAPÍTULO 1	10
DESENVOLVIMENTO DE MANGA ‘UBÁ’ EM VISCONDE DO RIO BRANCO-MG.....	10
RESUMO	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1. Análises	14
2.1.1. Comprimento, menor e maior diâmetro	14
2.1.2 Parâmetros de cor da casca e da polpa.....	14
2.1.3. Massa fresca (fruto, casca, polpa e semente)	14
2.1.4. Massa seca (fruto, casca, polpa e semente)	15
2.1.5. Extravasamento de solutos.....	15
2.1.6. Consistência da polpa.....	15
2.1.7. Sólidos solúveis	16
2.1.8. Acidez titulável	16
2.1.9. Ratio	16
2.1.10. Vitamina C	16
2.1.11. Carotenóides	16
2.1.12. Carboidratos	17
2.1.13. Produção de CO ₂	17
2.1.14. Unidades de calor (graus-dia).....	18
2.1.15. Análise dos dados	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1. Comprimento, menor e maior diâmetro	20
3.2. Parâmetros de cor da casca e da polpa.....	21

3.3. Massa fresca (fruto, casca, polpa e semente)	23
3.4. Massa seca (fruto, casca, polpa e semente)	25
3.5. Extravasamento.....	26
3.6. Consistência da polpa.....	27
3.7. Sólidos solúveis e Acidez titulável	28
3.8. Ratio	29
3.9. Vitamina C	30
3.10. Carotenóides	31
3.11. Carboidratos	33
3.12. Produção de CO ₂	35
3.13. Unidades de calor (graus-dia).....	35
4. CONCLUSÕES	40
CAPÍTULO 2	41
EFEITO DO ETHEPHON NA ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA E NOS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA MANGA ‘UBÁ’	41
RESUMO	41
1. INTRODUÇÃO	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4. CONCLUSÕES.	57
CAPÍTULO 3	58
AMADURECIMENTO DE MANGA ‘UBÁ’ COM ETILENO E CARBURETO DE CÁLCIO NA PÓS-COLHEITA.....	58
RESUMO.....	58
1. INTRODUÇÃO.....	59
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	62
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
3.1 Produção de CO ₂	64
3.2 Perda de massa fresca.....	64
3.3 Cor da casca.....	65
3.4 Cor da polpa.....	67
3.5 Consistência da polpa.....	68
3.6 Extravasamento.....	69

3.7 Acidez titulável.....	70
3.8 Vitamina C.....	70
3.9 Sólidos solúveis.....	71
3.12 Carotenóides da polpa.....	72
4. CONCLUSÕES	74
5. CONCLUSÕES GERAIS	75
6. REFERÊNCIAS.....	76
APÊNDICE.....	87

RESUMO

SILVA, Danielle Fabíola Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2009. **Crescimento, acúmulo de graus-dia e controle do amadurecimento de manga ‘Ubá’**. Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Coorientadores: Dalmo Lopes de Siqueira e Paulo Roberto Cecon.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças físicas, químicas e fisiológicas ocorridas durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, visando estabelecer as fases de desenvolvimento do fruto; determinar a soma de calor ou número de graus-dia necessário para o completo desenvolvimento do fruto e verificar os efeitos da aplicação de etileno exógeno na pré e na pós-colheita sobre o avanço do amadurecimento e sobre a qualidade comercial do fruto. Os experimentos de campo e os frutos para os demais experimentos foram obtidos em pomar com cerca de 30 anos de idade em Visconde do Rio Branco, MG (latitude de 21°00’37”S, longitude de 42°50’26”O e altitude de 352m). Foram conduzidos três experimentos. No experimento 1, semanalmente, desde a antese até o completo amadurecimento na planta, foram coletados 25 frutos de 15 mangueiras. As amostragens ocorreram de agosto de 2007 a janeiro de 2008. As características avaliadas foram: unidades de calor (graus-dia); comprimento, menor e maior diâmetro; produção de CO₂; parâmetros de cor L*, a* e b* da casca e da polpa; massa fresca e seca (fruto, casca, polpa e semente); extravasamento de solutos; consistência da polpa; sólidos solúveis (SS); acidez titulável (AT); ratio (razão SS/AT); vitamina C; carotenóides, amido e açúcares solúveis. O desenvolvimento da manga ‘Ubá’ estendeu-se por 23 semanas. O padrão de desenvolvimento ajustou-se a um modelo sigmoidal simples. O climatérico respiratório dos frutos ligados à planta foi atingido entre a 20^a e a 21^a semana após a antese (SAA). A maturidade fisiológica do fruto foi atingida na 17^a SAA, após o acúmulo de 1459,1 unidades de calor (UC). Para o experimento 2, na 17^a semana após a antese, 25 mangueiras, sendo cinco por tratamento, foram pulverizadas com ethephon nas doses 0, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹, acrescido de 0,5% de óleo mineral. Foram colhidos 10 frutos de cada planta, diariamente até o completo amadurecimento, com exceção da dose 0 mg L⁻¹, em que, a partir de 6 dias após aplicação do ethephon (DAAE), a colheita foi semanal até 41 DAAE. Frutos tratados

apresentaram coloração de polpa mais intensa, menor firmeza e maior teor de sólidos solúveis em relação aos não-tratados. A aplicação de 500 ou 750 mg L⁻¹ de ethephon, seguida de colheita no 3^o DAAE, permitiu a obtenção de frutos com qualidade comercial, além de dispensar a climatização após a colheita. O uso do ethephon em pré-colheita antecipou o amadurecimento dos frutos na planta e a colheita de manga ‘Ubá’, e não prejudicou a qualidade final dos frutos. Para o experimento 3, mangas ‘Ubá’ fisiologicamente maduras, mas com as cascas verdes, foram colhidas em 11 de dezembro de 2008 (18^a SAA). Frutos com massa média de 133,85 ± 1,89 g foram submetidos a diferentes doses de carbureto de cálcio (0, 20, 40, 80 e 160 g/m³ de câmara) e etileno (0, 50, 100, 200 e 400 mL/ m³ de câmara) durante 24 h de exposição, em câmaras de refrigeração (18,1 ± 0,7 °C e 90 ± 3% de UR), onde permaneceram, após o tratamento, até o completo amadurecimento. As maiores perdas de massa fresca foram registradas no 15^o dia de armazenamento para as doses de 20 e 160 g de CaC₂ e 50 mL de etileno. Nos frutos tratados com carbureto de cálcio, o pico respiratório ocorreu aos 3, 6, 9, 9 e 12 dias de armazenamento para as doses 160, 80, 40, 20 e 0 g, respectivamente. Naqueles tratados com etileno o pico climatérico respiratório foi registrado aos 3, 3, 6, 6 e 12 dias de armazenamento para as doses 400, 200, 100, 50 e 0 mL, respectivamente. A mudança de cor da casca, medida pelo ângulo hue, foi mais acelerada nos frutos tratados com carbureto de cálcio, em relação aos frutos tratados com etileno. Nos frutos tratados com etileno, a queda da firmeza foi mais brusca em relação aos frutos tratados com CaC₂. No entanto, o extravasamento de solutos foi maior para frutos tratados com CaC₂. O teor de sólidos solúveis foi crescente durante todo o período de avaliação, sendo que, quanto maior a dose de carbureto ou etileno, mais rápida foi a conversão de amido a açúcar. Ocorreu a antecipação e uniformização do amadurecimento de manga ‘Ubá’, independentemente da dose de carbureto de cálcio ou de etileno.

ABSTRACT

SILVA, Danielle Fabíola Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2009. **Growth, accumulation of degree-days and the ripening of mango 'Uba'**. Adviser: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Co-advisers: Dalmo Lopes de Siqueira and Paulo Roberto Cecon.

The aim of this study was to evaluate the physical, chemical and physiological changes that occur during the development of the mango 'Uba', to establish the stages of fruit development; determine the total amount of heat or number of degree-days needed to complete the development of the fruit and verify the effects of exogenous ethylene on the pre and post-harvest, the ripening progress and on the commercial quality of the fruit. Field experiments and fruit for the other experiments were obtained in an orchard about 30 years old in Visconde do Rio Branco, MG (latitude 21 ° 00'37 "S, longitude 42 ° 50'26"W and altitude of 352m). Three experiments were conducted. In experiment 1, weekly, from anthesis to ripening, 25 fruits were collected from 15 mango trees. Sampling occurred from August 2007 to January 2008. The characteristics evaluated were: units of heat (degree-days), length, smallest and largest diameter; CO₂ production; color parameters L*, a* and b* of the skin and pulp; fresh and dry weight (fruit, peel, pulp and seed) Electrolyte leakage; pulp consistency; soluble solids (SS); titratable acidity (TA); ratio (ratio SS/TA), vitamin C; carotenoids; starch and soluble sugars. The development of the mango 'Uba' lasted for 23 weeks. The pattern of development adjusted to a simple sigmoidal model. The respiratory climacteric of the fruit attached to the plant was reached between the 20th and 21st week after anthesis (SAA). The physiological maturity of the fruit was achieved in the 17th SAA following the accumulation of 1459.1 units of heat (UC). For experiment 2, in the 17th week after anthesis, 25 mango trees, five per treatment, were sprayed with ethephon at doses 0, 250, 500, 750 and 1000 mg L⁻¹ plus 0.5% mineral oil. We collected 10 fruits from each plant every day until completely ripened, except for the 0 mg L⁻¹ dose where, from 6 days after application of ethephon (DAAE), the harvest was weekly up to 41 DAAE. Treated fruit showed more intense staining of the pulp, less firmness and higher soluble solids content compared to non-treated pulp. The application of 500 or 750 mg L⁻¹ of ethephon, followed by a harvest in the 3rd DAAE, allowed the production of commercial-quality fruit, besides dispensing acclimatization after the harvest. The use of ethephon in the pre-harvest anticipated fruit ripening of the fruit on the plant and

harvest of mango 'Uba', and did not affect the final quality of fruit. For experiment 3, physiologically mature mangos 'Uba', but with green peels, were harvested on December 11, 2008 (18th SAA). Fruits with an average weight of 133.85 ± 1.89 g were subjected to different doses of calcium carbide (0, 20, 40, 80 and 160 g/m³ chamber) and ethylene (0, 50, 100, 200 and 400 mL/m³ chamber) for 24h of exposure in refrigerated chambers (18.1 ± 0.71 ° C and $90 \pm 3\%$ UR), where they remained after the treatment until completely mature. The greatest losses of fresh mass were recorded on the 15th day of storage at rates of 20 and 160 g of CaC₂ and 50 mL of ethylene. In fruits treated with calcium carbide, the respiratory peak occurred at 3, 6, 9, 9 and 12 days of storage for doses 160, 80, 40, 20 and 0 g, respectively. Those treated with the ethylene, climacteric respiratory was recorded at 3, 3, 6, 6 and 12 days of storage for doses 400, 200, 100, 50 and 0 mL, respectively. The change in skin color, as measured by hue angle was more accelerated in fruit treated with calcium carbide, compared to fruits treated with ethylene. In fruit treated with ethylene, the decrease in firmness was more abrupt compared to fruit treated with CaC₂. However, the leakage was higher for fruit treated with CaC₂. The soluble solids content increased throughout the period of evaluation, with higher doses of carbide or ethylene meaning a faster conversion of starch to sugar. There was anticipation and uniform ripening of mango 'Uba' regardless of the dose of calcium carbide and ethylene.

INTRODUÇÃO GERAL

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma espécie de clima tropical, originária do sul da Ásia, tendo-se disseminado por vários países climaticamente favoráveis ao seu desenvolvimento. Do conjunto de frutas atualmente comercializadas, a manga é uma das mais populares do mundo, em virtude do seu amplo consumo nos países asiáticos e na América Latina (NETO; REINHARDT, 2003). É uma fruta de aroma e cor muito agradáveis que faz parte do elenco das frutas tropicais de importância econômica, não apenas pela aparência exótica, mas também por ser fonte de carotenóides, minerais e carboidratos (FARAONI, 2006).

O cultivo da mangueira no Brasil ocupa área ao redor de 80 mil hectares (AGRIANUAL, 2009). A produção brasileira, no ano de 2008, foi de 1.272.184 toneladas, exportando 40.876 toneladas (FAO, 2009). No Brasil, a mangueira é cultivada em quase todas as regiões, havendo potencial de expansão tanto da área cultivada quanto da produtividade. Em Minas Gerais, especificamente na Zona da Mata Mineira, destaca-se o cultivar Ubá, que é encontrado crescendo espontaneamente em praticamente todos os municípios da região. Os frutos desse cultivar são utilizados principalmente no processamento industrial, mas têm grande aceitação para o consumo *in natura*.

Devido à sua excelente qualidade organoléptica, a manga é muito apreciada no Brasil, como evidencia o contínuo aumento do consumo do fruto *in natura* ou processado na forma de diversos produtos, normalmente disponibilizados no mercado, o que tem proporcionado crescente interesse pelo o seu cultivo comercial (AGRIANUAL, 2009).

1.1 Desenvolvimento do Fruto

Segundo Cunha et al. (2002), a época de maturação da manga, cujo crescimento apresenta padrão sigmóide simples, varia entre as diversas regiões produtoras, e o período de desenvolvimento (da floração à colheita) é, em geral, de 100 a 150 dias. Em regiões mais quentes, esse período é menor. Estudos realizados para determinar as relações entre parâmetros de crescimento da manga ‘Haden’, também mostraram uma típica curva sigmoidal simples (NETO; REINHARDT, 2003). Por outro lado, Moraes et al. (2004) caracterizaram o crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’ com de padrão sigmoidal duplo, caracterizado por um rápido aumento até aproximadamente 12 semanas após a fertilização e depois por um aumento mais lento e gradual até pouco

antes da maturidade completa. De acordo com as mudanças metabólicas, a sua ontogenia pode ser separada em quatro estádios (juvenil, adolescente, climatérico e senescência) mais ou menos bem definidos (CUNHA et al., 2002).

De acordo com Medina et al. (1981), para manga 'Paheri', a fase juvenil termina cerca de 21 dias após a fertilização. Esta fase é caracterizada por rápida multiplicação celular, alta intensidade respiratória, alta taxa de crescimento, teor máximo de água, rápido aumento no conteúdo de nitrogênio e ácidos. A relação carboidrato/ nitrogênio (C/N) é baixa. O exocarpo é verde e firmemente ligado ao fruto.

A fase adolescente abrange do 21^o ao 49^o dia. É identificada por máximo aumento em tamanho, desenvolvimento de aroma e sabor, taxa média de respiração, declínio na taxa de crescimento, aumento da pressão osmótica e diminuição do teor de umidade. A percentagem de glicose cai rapidamente, a sacarose rapidamente aumenta, o amido mantém um nível alto e os conteúdos de ácidos e nitrogênio mostram valores razoavelmente altos, com aumento da relação C/N. Neste estágio, o fruto adquire cor verde escura, podendo ser usado para fabricação de pickles (Medina et al. 1981).

A fase climatérica é um estágio crítico na ontogenia do fruto e se estende do 49^o ao 77^o dia após a antese. A respiração está no mínimo e o amido é rapidamente hidrolisado em açúcares com uma diminuição do conteúdo de ácidos. A sacarose exibe uma percentagem máxima neste estágio. Há uma queda do conteúdo de nitrogênio acompanhada de uma alta relação carboidrato/nitrogênio. O climatérico marca o início da senescência e uma mudança da cor verde escura para verde amarelada (Medina et al. 1981).

A fase de senescência se estende do 77^o dia em diante, dependendo da variedade, e é caracterizada por uma elevação da taxa de respiração seguida de um declínio. O crescimento do fruto não é expressivo, a pressão osmótica aumenta e o conteúdo de umidade cai a um nível baixo. O conteúdo de glicose aumenta e diminui, com uma correspondente elevação e queda da intensidade respiratória, enquanto a sacarose e amido exibem um apreciável declínio. A acidez do fruto diminui. Há um declínio no nitrogênio, com uma elevação na relação carboidrato/nitrogênio. O amarelecimento do exocarpo do fruto é marcante. O fruto se torna macio, os tecidos internos se desintegram e finalmente a morte se segue com a deterioração e decomposição dos materiais constituintes.

O estágio de desenvolvimento dos frutos no momento da colheita tem influência na qualidade do fruto maduro (LUCENA et al., 2007). Quando os frutos são colhidos

verdes ou fisiologicamente imaturos, não amadurecem, enrugam e apresentam exsudação da seiva, ou quando o amadurecimento ocorre, a qualidade dos frutos é prejudicada (HULME, 1970). Os frutos colhidos muito maduros deterioram-se rapidamente, não podendo ser armazenados e/ou comercializados em locais distantes (KAYS, 1991). A avaliação do padrão de desenvolvimento de um fruto a partir do florescimento auxilia no estabelecimento de índices de maturidade (COOMBE, 1976).

O desenvolvimento dos frutos tem sido determinado com base no diâmetro, comprimento, circunferência, peso, volume, coloração e formato do fruto, desde a antese até a maturação (NETO; REINHARDT, 2003).

Vários critérios são utilizados na determinação da maturidade de frutos, baseados na aparência (tamanho, diâmetro, cor) e na composição química (sólidos solúveis, acidez titulável) do produto na época da colheita. Porém, estes índices podem variar consideravelmente, dependendo do local de cultivo, dos cultivares e das condições climáticas do ano de crescimento (BIALE; YOUNG, 1964). Um dos índices utilizados na determinação do ponto de colheita é o número de dias desde a floração até o desenvolvimento pleno do fruto (WARRINGTON et al., 1999). Um dos problemas deste método é a variação em função das condições ambientais.

Segundo Bleinroth (1989), deve-se levar em consideração três fatores importantes para determinar o ponto de colheita, os quais deverão ser ajustados de acordo com a cultivar e a região produtora, que são: densidade da fruta entre 1,01 e 1,02 g/cm³; firmeza entre 17,15 e 19,60 N e sólidos solúveis totais entre 12 e 15 °Brix. Neste mesmo sentido, Kader (1999) afirma que o teor mínimo de SST necessário para se efetuar a colheita é de 12 a 14 °Brix.

Os graus-dia (GD) ou unidades térmicas, ou ainda graus de calor, são parâmetros apropriados para determinar, em diversas regiões, o tempo necessário entre o florescimento e a maturação dos frutos (SOUZA, 2001). Os GD podem ser determinados somando-se todas as horas diárias em que as plantas estão em atividade vegetativa. Na prática, usam-se as temperaturas médias diárias para o somatório dos GD o que fornece a soma térmica anual (MONTENEGRO, 1980). O número de graus-dia sofre menores variações ambientais que o número de dias da antese à colheita, sendo um método mais preciso para detectar o ponto de colheita. De acordo com Lucena (2006), trabalhando com manga 'Tommy Atkins' na região de Petrolina, observou-se que, para o completo desenvolvimento desta variedade, são necessárias 1939,7 UC (112 DAA), utilizando como temperatura base 10° C. Em estudos realizados com a manga

‘Ratna’, na Índia, observou-se que, aos 112 DAA com temperatura base de 17,9° C, o somatório das unidades de calor foi de 866 UC (BURONDKAR et al., 2000). Este valor pode ter sido afetado pela temperatura base superestimada.

MORAES et al. (2000) analisaram a manga ‘Ubá’ quanto às alterações físicas e químicas a partir da 15^a semana após a floração, até o completo amadurecimento, e observaram que a taxa respiratória dos frutos não se alterou significativamente até a 23^a semana, com subsequente aumento superior a 100%, correspondente ao pico climatérico. O acúmulo de sólidos solúveis foi pequeno até a 23^a semana, com média de 7° Brix, com posterior incremento para 20° brix em média na 25^a semana de avaliação. A acidez total decresceu durante o período estudado; em consequência, a razão sólidos solúveis totais/acidez total aumentou, mais rapidamente, entre a 22^a e a 24^a semana. A partir da 15^a semana após a floração, a manga ‘Ubá’ já possui capacidade para maturação aparentemente normal, ou seja, já atingiram a maturidade fisiológica (MORAES, 1988).

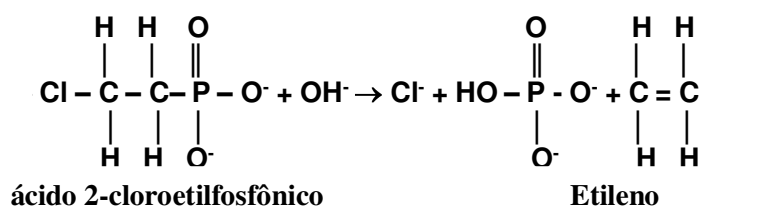
De acordo com Bleinroth (1994), vários parâmetros têm sido sugeridos para determinar a maturidade da manga, com base nos aspectos externo, físico e na composição química à época da colheita. Quando corta-se o pedúnculo e observa-se que a ejeção de seiva se atenua e esta não só é mais viscosa como seca rapidamente, pode-se dizer que atingiu a maturidade fisiológica. Com relação ao aspecto externo e de acordo com o cultivar, podem-se considerar como indicadores da maturidade da fruta: coloração da casca, pois sua tonalidade verde-oliva passa a verde-claro brilhante, livre da cerosidade da pruína; o aspecto das lenticelas, estas se fecham com a maturidade da fruta; a forma do ápice, mais cheio e arredondado; e a forma do bico, que começa a aparecer em alguns cultivares.

1.2 Aplicação pré-colheita de etileno

O etileno é o único fitorregulador gasoso presente nas plantas e possui diferentes efeitos nas células vegetais, promovendo alterações metabólicas nos diversos estádios de desenvolvimento dos tecidos vegetais. Alguns dos efeitos conhecidos são crescimento e diferenciação celular, formação de raízes adventícias, germinação de sementes, indução da floração em algumas espécies (por exemplo, o abacaxizeiro), abscisão e senescência de folhas, flores e frutos. O etileno também está envolvido nos processos de resposta a estresses de caráter biótico ou abiótico como ataques de patógenos e fermentos nos tecidos vegetais (MCKEON; YANG, 1987; MORETTI et

al., 1998; SALTVEIT, 1999; KIEBER, 2004). O etileno também está diretamente relacionado com o processo de amadurecimento dos frutos. Por isso, comercialmente, pode ser utilizado como meio de acelerar, controlar e uniformizar o amadurecimento de diferentes órgãos de várias espécies vegetais (ANDREUCETTI et al., 2007).

A síntese de etileno em frutos climatéricos e não-climatéricos, ocorre a partir do aminoácido metionina, com a formação de dois intermediários-chaves: a S-adenosilmetionina (SAM) e o ácido 1-carboxílico 1-aminociclopropano (ACC) (CHITARRA; CHITARRA 2005). A aplicação de etileno tanto na pré quanto na pós-colheita em frutos climatéricos causa a antecipação da respiração climatérica e o amadurecimento, sem, no entanto, alterar a forma da curva da respiração climatérica (FINGER; VIEIRA 2002). O ácido 2-cloroetilfosfônico (Ethephon) é a substância mais utilizada na agricultura para liberação de etileno. De acordo com Yang (1969), em condições de pH igual ou superior a 5, há hidrólise do ácido e liberação de etileno:



O etileno tem sido usado em pré-colheita com o objetivo de promover o desbaste químico de frutos (HUTTON, 1992; MARODIN et al., 1986; PANZENHAGEN et al., 1992; MARINHO ; SOUZA, 1997; CAETANO et al., 1981; DOMINGUES et al., 2001). Para tanto, é usado na faixa de concentração de 100 a 400 mg/L de ethephon. A aplicação de ethephon (200, 300 e 400 mg/L) sobre plantas de tangor ‘Murcote’ promoveu o desbaste de frutos em todas as doses, e apesar de não existirem diferenças estatísticas entre os tratamentos, a dose de 400 mg/L mostrou tendência de maior porcentagem de queda de frutos, que atingiu 66,57% (DOMINGUES et al., 2001).

Vários processos estão envolvidos no amadurecimento, os quais podem ocorrer simultaneamente ou em sequência, podendo estar associados ou serem independentes. Durante o amadurecimento da manga podem-se verificar várias alterações a firmeza da polpa, os teores de açúcares, a síntese de etileno, a respiração, a coloração da casca e da polpa, a composição e o teor de ácidos orgânicos e perda de massa (MORAES et al., 2000). A manga é um fruto climatérico que sofre um incremento na respiração e na produção de etileno quando exposta à aplicação exógena de etileno (KAYS, 1991).

A manga 'Ubá' geralmente amadurece de novembro a janeiro na região de São Paulo devido à fecundação das flores em épocas distintas (MANICA, 1996). A maturação desuniforme em uma mesma planta exige colheita escalonada, que pode prolongar-se por até um mês. Frutos fisiologicamente maduros de diversas espécies e cultivares têm sido submetidos a tratamentos com etileno ou seus análogos tanto na pré quanto na pós-colheita, tanto em nível experimental como comercial, visando acelerar e uniformizar o seu amadurecimento e, ou, melhorar o seu padrão de qualidade.

Os efeitos da combinação da aplicação em pré-colheita de aminoetoxivinilglicina (125 g. ha⁻¹ e 250 g. ha⁻¹, aos 15 ou 21 dias antes da colheita) e de ethephon (140g ha⁻¹ aos sete dias antes da colheita) foram avaliados em pêssegos 'Eldorado' (BRACKMANN et al., 2007). A aplicação de 125g ha⁻¹ de aminoetoxivinilglicina 15 dias antes da colheita reduziu a incidência de escurecimento da polpa de pêssegos durante a exposição a 15°C, após 24 dias de armazenamento em atmosfera controlada a 0°C. Para frutos tratados com ethephon, observou-se maior produção de etileno e redução drástica na firmeza e acidez, confirmando o potencial deste produto em antecipar o amadurecimento dos frutos, além de reduzir as desordens causadas por baixas temperaturas.

O abacaxizeiro responde muito bem à aplicação pré-colheita de substâncias químicas que apresentem a capacidade de influenciar alguns de seus processos fisiológicos, especialmente o florescimento, o que permite o seu cultivo comercial de forma racional e econômica (CUNHA, 1999). A possibilidade de se induzir o florescimento do abacaxizeiro é que permite a sua exploração econômica, pois, sem essa técnica, a colheita seria bastante dificultada por se prolongar durante meses, favorecendo, ainda, a ocorrência de pragas e doenças. Existem diversos produtos que podem ser usados com essa finalidade, a exemplo do carbureto de cálcio e do ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon), que são os mais empregados no Brasil, e do etileno, bastante usado em outros países.

Na literatura consultada não foram encontrados trabalhos descrevendo as mudanças físicas e químicas em manga 'Ubá' desde o florescimento até o amadurecimento do fruto e o uso de etileno em pré-colheita de manga 'Ubá' visando à antecipação e a uniformização do amadurecimento. Apesar disso, alguns produtores do município de Visconde de Rio Branco – MG utilizam essa prática com doses arbitrárias a fim de antecipar o período de oferta da manga 'Ubá' para a indústria, uniformizar o

amadurecimento dos frutos na planta, facilitar a operação da colheita, além de dispensar a climatização.

1.3 Aplicação pós-colheita de etileno

A aplicação pós-colheita de etileno em frutos climatéricos e não-climatéricos induz efeitos distintos, os quais estão relacionados com a natureza da resposta ao etileno e habilidade de sua síntese pelos frutos. Além disso, a magnitude das respostas, nas duas classes, varia em função do estágio de desenvolvimento do fruto e da concentração de etileno aplicada.

A aplicação de etileno exógeno na pós-colheita resulta na antecipação do amadurecimento e na melhoria da coloração externa de diversos frutos. Além do etileno, outros compostos chamados de análogos do etileno podem ser utilizados para acelerar o amadurecimento em frutos, como propileno, acetileno, monóxido de carbono e 1-buteno (ABELES et al., 1992).

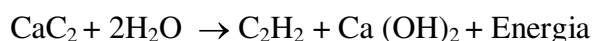
MOURA et al. (1998) testaram a efetividade da pulverização com solução de ethephon na indução do amadurecimento pós-colheita de tomate. A utilização de doses iguais ou superiores a 1000 mg/L de ethephon, contendo ou não o espalhante adesivo na concentração de 1 mL de Dytrol/L, foi eficiente para acelerar e uniformizar o amadurecimento do tomate em relação aos frutos não tratados. Em frutos climatéricos, como a manga, esse fitorregulador antecipa significativamente o tempo requerido para o pico climatérico, principalmente quando aplicado antes dessa fase.

Em mangas ‘Ubá’ tratadas com 1000 mg/L de ácido-2-cloetilfosfônico após a colheita, as transições de cor da casca e polpa foram uniformizadas e antecipadas, em relação às dos frutos não tratados (MORAES, 1988). Mangas ‘Keitt’ colhidas em estágio pré-climatérico receberam tratamento com 0, 500 e 1000 mg/L de ethrel (produto comercial) após a colheita e, posteriormente, foram armazenadas a 28°C e analisadas nos tempos 0, 3, 6, 9 e 16 dias. A aplicação de ethrel antecipou o amadurecimento e não interferiu nas características de qualidade dos frutos (CONEGLIAN; RODRIGUES, 1993).

BRAZ et al. (2008) estudaram a indução do amadurecimento de mangas ‘Ubá’ e ‘Tommy Atkins’ com a aplicação pós-colheita de ethephon na dose de 1000 mg/L, mantidas a temperatura ambiente. Os frutos foram avaliados aos 3, 6, 9 e 12 dias após a colheita. A aplicação de ethephon foi eficiente em acelerar o amadurecimento e

contribuiu para a obtenção de características desejáveis em menor período de armazenamento.

A antecipação do amadurecimento de frutos através da aplicação do acetileno, pode ser obtida a custo acessível através da reação de carbureto de cálcio (CaC_2) com água (MARRIOT, 1980) ou mesmo deixando-o reagir com o vapor de água liberado pelas frutas (REID, 1992) e/ou com a umidade do ar atmosférico (LOESECKE, 1950). Para bananas, recomenda-se que se trabalhe com uma concentração de 0,1% de acetileno, para o que são necessários reagir 2,66 gramas de CaC_2 com o dobro de água, para ocorrer a liberação de gás suficiente para induzir a maturação em frutas por metro cúbico de câmara totalmente vedada (MOREIRA, 1987).



Por outro lado, Rigitano (1965) recomenda o uso de carbureto de cálcio na dose de 200 a 400 g/m^3 de câmara para caquis.

Foi estudado o efeito do carbureto de cálcio e ethephon nas variedades de manga ‘Nam Dokmai’, ‘Kaew’ e ‘Chok Anan’ na Índia (ZEITSCHRIFTEN, 2009). A dose aplicada de carbureto de cálcio foi 10 g CaC_2/kg de frutos e a de ethephon, 200 mg/L. Os frutos foram armazenados a $24 \pm 2^\circ \text{C}$ e $33 \pm 2^\circ \text{C}$ durante 7 dias. O carbureto de cálcio e o ethephon anteciparam e uniformizaram as alterações de cor da casca e da polpa, o teor de sólidos solúveis e a firmeza da polpa. No entanto, o efeito do ethephon foi menos evidente em relação ao carbureto de cálcio.

Essas divergências apontam para a necessidade de estudos científicos visando determinar as condições ideais de uso de carbureto de cálcio para cada espécie e cultivar. Como as informações acerca da aplicação do etileno exógeno, tanto na pré quanto na pós-colheita de manga ‘Ubá’, são escassas, principalmente relativas às alterações bioquímicas e metabólicas associadas ao amadurecimento, propõe-se estudar o desenvolvimento do fruto e avaliar a influência da aplicação do etileno e seus análogos sobre seus processos metabólicos.

1.4 Objetivos:

1. Avaliar as mudanças físicas, químicas e fisiológicas ocorridas durante o ciclo da manga ‘Ubá’, visando estabelecer as fases de desenvolvimento do fruto e obter

subsídios para determinação dos índices de amadurecimento e do estágio de maturação mais adequado para sua colheita;

2. Determinar a soma de calor ou número de graus-dia necessário para o completo desenvolvimento da manga 'Ubá';

3. Verificar os efeitos da aplicação de etileno exógeno na pré e na pós-colheita sobre o avanço do amadurecimento e sobre a qualidade comercial da manga 'Ubá' visando sincronizar o amadurecimento e estender o período de oferta para a indústria.

CAPÍTULO 1

DESENVOLVIMENTO DE MANGA 'UBÁ' EM VISCONDE DO RIO BRANCO-MG

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as alterações físico-químicas e fisiológicas durante o desenvolvimento dos frutos de mangueira (*Mangifera indica* L.) 'Ubá', da antese até o completo amadurecimento na planta. O experimento foi conduzido na Fazenda Sementeira, em Visconde do Rio Branco, MG, pertencente à Universidade Federal de Viçosa em pomar com cerca de 30 anos de idade. Semanalmente, desde a antese até o amadurecimento, foram coletados 25 frutos de 15 mangueiras 'Ubá' previamente identificadas. O delineamento experimental utilizado foi o DIC, com 23 tratamentos (épocas de colheita) e 5 repetições, sendo cada unidade experimental constituída por 5 frutos. As amostragens ocorreram de agosto de 2007 a janeiro de 2008. As características avaliadas foram: unidades de calor (graus-dia); comprimento, diâmetros ventral e transversal; produção de CO₂; parâmetros de cor da casca e da polpa; massa fresca (fruto, casca, polpa e semente); massa seca (fruto, casca, polpa e semente); extravasamento de solutos; consistência da polpa; sólidos solúveis (SS); acidez titulável (AT); ratio (razão SS/AT); vitamina C; carotenóides e carboidratos. O ciclo de desenvolvimento da manga 'Ubá' em Visconde do Rio Branco estendeu-se por 23 semanas. As dimensões dos frutos tenderam a estabilizar-se após a 15^a semana após a antese. A maturidade fisiológica dos frutos foi atingida 17 semanas após a antese, após acúmulo de 1459,1 unidades de calor. O padrão de desenvolvimento ajustou-se a um modelo sigmoidal simples. O climatérico respiratório dos frutos ligados à planta foi atingido entre a 20^a e a 21^a semanas após a antese, e o teor de sólidos solúveis máximo de 24,20 °Brix foi obtido nos frutos amadurecidos na planta, na 23^a SAA.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a mangueira é cultivada em quase todas as regiões, havendo potencial de expansão tanto da área cultivada quanto da produtividade. Em Minas Gerais, especificamente na Zona da Mata Mineira, destaca-se o cultivar Ubá, que é encontrado crescendo espontaneamente em praticamente todos os municípios da região. Os frutos desse cultivar são utilizados principalmente no processamento industrial, mas têm grande aceitação para o consumo *in natura*.

A avaliação do padrão de desenvolvimento de um fruto a partir do florescimento auxilia no estabelecimento de índices de maturidade e colheita (KAYS, 1991). Vários índices são utilizados durante o desenvolvimento, baseados na aparência (formato, diâmetro, cor) e na composição química (sólidos solúveis, acidez titulável) (BIALE; YOUNG, 1964). De acordo com Filgueiras et al. (2000), os índices físicos de colheita de manga são baseados, em sua maioria, em características relacionadas com a forma e com o aspecto do fruto, que podem ser percebidos visualmente sem emprego de métodos destrutivos, tais como: coloração e aspecto da casca, a tonalidade verde-oliva passa a verde-clara brilhante, livre de cerosidade; aspecto das lenticelas: elas se fecham com a maturidade da fruta; forma do ápice: mais cheio e arredondado; forma do bico: começa a aparecer em algumas cultivares e conformação do ombro: na fruta verde está em linha com o ponto de interseção do pedúnculo, elevando-se com o avanço do processo de maturação.

Os diversos órgãos que compõem as plantas passam por fases distintas de crescimento ao longo do desenvolvimento, sendo a fase final caracterizada pela senescência dos tecidos. O desenvolvimento da planta ou do órgão é decorrente da combinação de crescimento e diferenciação dos tecidos (CHITARRA; CHITARRA 2005).

As diferentes fases do desenvolvimento dos frutos são caracterizadas por alterações na estrutura, fisiologia e bioquímica das células, que culminam com a maturação, senescência e finalmente morte dos tecidos. O amadurecimento é caracterizado pelo amaciamento da polpa, por alterações na cor da casca e polpa, pela redução da adstringência e pelo desenvolvimento do aroma e sabor dos frutos (CHITARRA; CHITARRA 2005).

O intervalo de tempo para o completo desenvolvimento de um fruto pode variar de cerca de três semanas, para frutos como o morango, até cerca de 60 semanas, para a laranja 'Valência'. O aumento do volume ou matéria fresca total dos frutos entre a

antese e o final do crescimento varia de 40 vezes, para algumas variedades de abóboras, até cerca de 300.000 vezes, para o fruto do abacateiro (COOMBE, 1976).

A manga 'Ubá' geralmente é colhida com casca verde, porém fisiologicamente madura, ou seja, na fase pré-climatérica. Se colhida antes dessa fase, a manga não atinge qualidade de consumo satisfatória. Portanto, a discriminação entre a fruta fisiologicamente madura e a imatura na colheita, e a medição da qualidade na colheita da manga verde é muito importante sob o ponto de vista do mercado (SARANWONG et al., 2004).

MORAES et al. (2000), trabalhando com manga 'Ubá', analisaram as alterações físicas e químicas a partir da 15^a semana após a floração, até o completo amadurecimento. A taxa respiratória dos frutos não se alterou significativamente até a 23^a semana, com subsequente aumento superior a 100%, correspondente ao pico climatérico. O acúmulo de sólidos solúveis foi pequeno até a 23^a semana, com média de 7° Brix, com posterior incremento para 20° Brix, em média, na 25^a semana de avaliação. A acidez titulável decresceu durante o período estudado, e, em consequência, a razão sólidos solúveis/ acidez titulável aumentou, mais rapidamente, entre a 22^a e a 24^a semana. A partir da 15^a semana após a floração, os frutos da manga 'Ubá' já apresentarem capacidade para maturação aparentemente normal, ou seja, já atingiram a maturidade fisiológica (MORAES, 1988).

Todos os aspectos do desenvolvimento da mangueira são direta ou indiretamente influenciados pelo ambiente. Assim, o conhecimento das respostas desta planta às variações ambientais é de fundamental importância para o estabelecimento de um manejo adequado às condições correntes, visando à melhoria da qualidade dos frutos e à maximização da produtividade.

Não foram encontradas, na literatura, referências sobre o completo desenvolvimento da manga 'Ubá'. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar as alterações físicas, químicas e fisiológicas durante o desenvolvimento dos frutos de mangueira (*Mangifera indica* L.) 'Ubá', da antese até o completo amadurecimento na planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A fase de campo foi conduzida na Fazenda Sementeira, em Visconde do Rio Branco, MG (latitude de 21°00'37"S, longitude de 42°50'26"O, altitude de 352m), pertencente à Universidade Federal de Viçosa, em pomar de mangueiras enxertadas, com cerca de 30 anos de idade. As temperaturas máximas, médias e mínimas do local durante a fase de condução do experimento encontram-se descritas na figura 1. Semanalmente, desde a antese (09/08/2007) até o completo amadurecimento do fruto na planta (10/01/2008), foram coletados 25 frutos de 15 mangueiras 'Ubá' previamente identificadas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 23 tratamentos (épocas de colheita) e 5 repetições, sendo a unidade experimental constituída por 5 frutos cada. As amostragens ocorreram de agosto de 2007 a janeiro de 2008. Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Análise de Frutas do Setor de Fruticultura da UFV, onde procederam-se análises das características físicas, químicas e fisiológicas dos frutos.

Para as análises de comprimento, menor e maior diâmetro; cor da casca e da polpa e firmeza da polpa, os frutos foram avaliados individualmente. Para as análises massa fresca e seca (fruto, casca, polpa e semente), teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), Ratio (relação sólidos solúveis/acidez titulável), extravasamento de eletrólitos, vitamina C da polpa, carotenóides da polpa, carboidratos da polpa e produção de CO₂ dos frutos foram utilizadas amostras compostas de cinco frutos cada.

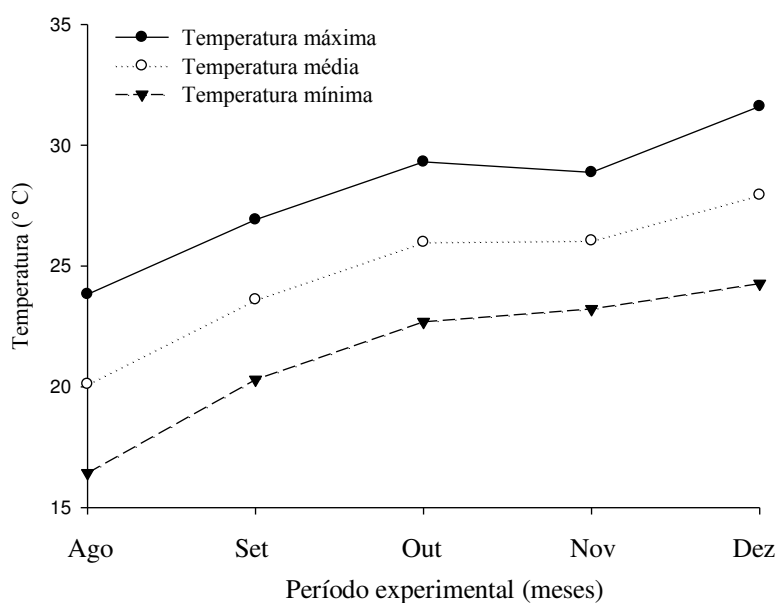


Figura 1: Médias observadas das temperaturas máximas, médias e mínimas mensais durante o desenvolvimento da manga 'Ubá', de agosto a dezembro de 2007.

2.1 - Análises

2.1.1 – Comprimento, diâmetro ventral (menor) e transversal (maior)

Foi determinado através de paquímetro e os resultados expressos em mm (FIGURA 2).

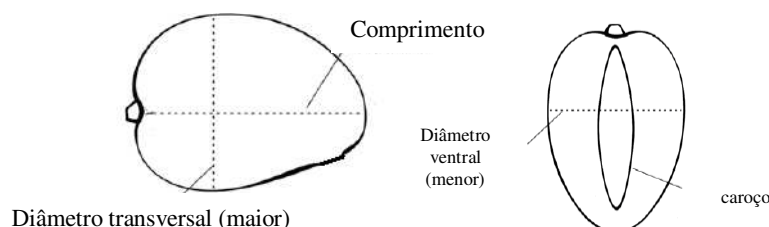


Figura 2: Ilustração dos pontos de medição do comprimento e dos diâmetros ventral e transversal de manga 'Ubá'.

2.1.2 - Parâmetros de cor da casca e da polpa

A partir da 9ª SAA, a cor da casca foi medida na região central em lados opostos do fruto e a cor da polpa foi avaliada na região central em um dos lados do fruto, do qual foi retirada uma porção da polpa, de modo que a leitura foi feita próximo ao caroço. Para estas análises, utilizou-se o colorímetro Konica –Minolta Modelo CR 10, que forneceu os valores de L^* , a^* , b^* , C e h^0 . O coeficiente L (luminosidade) varia de 0 (preto) a 100 (branco); o a^* varia do verde (-60) ao vermelho (+60); o b^* vai do azul (-60) ao amarelo (+60). C (croma – saturação ou intensidade da cor) é calculado pela equação: $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ e representa a hipotenusa do triângulo obtido pela junção dos pontos (0,0), (a^* , b^*) e (a^* ,0). O h^0 (ângulo hue) é o ângulo entre a hipotenusa e 0^0 no eixo a^* e é calculado por: $h^0 = \text{tg}^{-1}(b^*/a^*)$ e, para interpretação apropriada, o h^0 varia de 0 a 360^0 , sendo 0^0 – vermelho, 90^0 – amarelo, 180^0 – verde e 270^0 - azul (McGuire, 1992). Para análise dos dados utilizou-se apenas os parâmetros L^* , a^* , b^* para cálculo do ΔE (diferença de cor). Os resultados foram expressos em $\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$. O ΔE define a saturação e intensidade da cor definida por L^* , a^* e b^* (Minolta Corp, 1994) e foi determinado pela diferença de cor entre os valores registrados nos frutos em cada semana de colheita e os obtidos nos frutos no início das avaliações (9ª SAA).

2.1.3 - Massa fresca do fruto, casca, polpa e semente

Os frutos e suas partes foram pesados em balança eletrônica de precisão de 0,1 g. Para a determinação das massas de polpa, de casca e de semente a partir da 9ª SAA, os frutos foram pesados e, em seguida, descascados e despulpados. As cascas, assim como as sementes, foram pesadas. A massa da polpa foi determinada por subtração (massa dos frutos – massa das cascas – massa das sementes). O cálculo das massas da polpa, da casca e da semente foi feito em relação à massa dos frutos e os resultados expressos em g.

2.1.4 - Massa seca do fruto, casca, polpa e semente

Amostras parciais (entre 10 e 30g) da polpa, casca e semente foram seccionadas em pequenos pedaços, pesadas e colocadas para secar em estufa com temperatura de $70 \pm 5^\circ\text{C}$, por 72 h. Após secagem, o material foi colocado em dessecador por dez minutos para que sua temperatura entrasse em equilíbrio com o ambiente, antes de se proceder à uma nova pesagem.

2.1.5 - Extravasamento de solutos

O extravasamento de eletrólitos é uma medida para estimar a alteração da permeabilidade da membrana em resposta a estresses ambientais, crescimento, desenvolvimento e variação genotípica (WHITLOW et al., 1992). A partir da 9ª SAA a análise foi feita de acordo com metodologia descrita por Serek et al. (1995), com modificações. Foi retirada uma porção da casca na região mediana dos frutos sem que ocorresse fermento da polpa, e, em seguida, retirou-se um cilindro de polpa por fruto (1,14 cm de diâmetro por 1,0 cm de altura), com o auxílio de um furador metálico de rolhas, totalizando cinco cilindros por amostra. Os cilindros foram lavados em água destilada, e secos superficialmente com papel absorvente. A seguir, passaram por um período de repouso de duas horas em tubos de ensaio contendo 15 mL de água destilada em banho-maria a 25°C . Terminado o tempo de repouso, foi medida a condutividade elétrica da água. Posteriormente, os tubos de ensaio contendo os discos de casca foram autoclavados (121°C a 1,5 atm) por 30 min e a condutividade elétrica foi medida novamente. Os resultados foram expressos como a razão entre a primeira e a segunda medição, multiplicado por 100.

2.1.6 - Consistência da polpa

A partir da 9ª SAA foi retirada uma porção da casca na região mediana dos frutos sem que ocorresse compressão ou esmagamento da polpa. A seguir, a polpa foi

submetida a uma força até que o tecido não apresentasse mais resistência. A força foi aplicada por meio da ponteira (12 mm de diâmetro) de um penetrômetro digital SHIMPO modelo DFS 100. Os resultados foram expressos em kPa, após a divisão do valor da força aplicada em N, pela área transversal da ponteira, em m².

2.1.7 - Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis da polpa foram determinados fazendo-se três leituras em refratômetro portátil, Atago modelo N1, com leitura na faixa de 0 a 32 °Brix, após homogeneização de alíquotas da polpa de cinco frutos. Os dados foram expressos em °Brix.

2.1.8 - Acidez titulável

A partir da 9ª SAA foram retiradas amostras compostas da polpa dos frutos, com massa aproximada de 5,0 g. As amostras foram trituradas em homogeneizador de tecidos tipo Polítron, juntamente com 50 mL de água destilada. Posteriormente, foram transferidas para *erlenmeyers*, completando-se o volume para 100 mL, com água destilada. Foram adicionadas a este extrato, três gotas de indicador fenolftaleína 1 %, procedendo-se as titulações, sob agitação, com solução de NaOH 0,1 N, previamente padronizada com biftalato de potássio. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de polpa.

2.1.9 - Ratio

Obtido através do quociente sólidos solúveis/ acidez titulável.

2.1.10 - Vitamina C

A partir da 9ª SAA foi determinada por titulação com reagente de Tillman [2,6 diclorofenolindofenol (sal sódico) a 0,1%] (AOAC, 1997), em amostras compostas da polpa de cinco frutos. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/ 100 g de massa fresca da polpa.

2.1.11 - Carotenóides

Amostras compostas da polpa dos frutos foram retiradas a partir da 9ª SAA, e armazenadas em congelador a -15 °C até o momento da determinação. O teor de carotenóides totais da polpa foi determinado pela metodologia descrita para

determinação de carotenóides e clorofila de casca de manga por Fonseca (1999), com modificações. Amostras com massa de aproximadamente 2,0 g foram trituradas em cadinhos de porcelana com areia esterelizada, 10 mg de CaCO₃ (para manutenção do pH) e acetona 80% gelada, sendo o extrato cetônico filtrado em papel filtro até a completa extração dos pigmentos e o volume completado para 25 mL. As absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646,8 e 663,2 nm e os níveis de carotenóides determinados segundo as equações de Lichtenthaler (1987), em $\mu\text{g/mL}^{-1}$ de extrato.

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

$$\text{Clorofila b (C}_b\text{)} = 21,50A_{646,8} - 5,10A_{663,2}$$

$$\text{Carotenóides (C}_c\text{)} = [1000A_{470} - (1,82C_a + 85,02C_b)]/198$$

Os resultados foram multiplicados por 25 e divididos pela massa de polpa, sendo expressos em mg/100g de polpa.

2.1.12 - Carboidratos

Amostras compostas da polpa dos frutos foram retiradas a partir da 9^a SAA, e armazenadas em freezer a $-15\text{ }^\circ\text{C}$ até o momento da determinação.

Os açúcares solúveis totais foram extraídos em etanol 80% a quente, a partir de 200 mg de amostras, segundo a metodologia utilizada por Salomão (1995). A partir da reação do extrato com o reagente de antrona, foi determinada a absorvância, a 620 nm.

O amido foi quantificado a partir do resíduo remanescente das extrações etanólicas, mediante a metodologia descrita por McCready et al. (1950), e modificada por Patel (1970).

2.1.13 - Produção de CO₂

A produção de CO₂ pelos frutos foi determinada por cromatografia gasosa desde a 1^a SAA. Para isso, os frutos foram acondicionados em frascos de vidro herméticos. Sessenta minutos após o fechamento dos frascos, alíquotas de 1,0 mL de sua atmosfera foram retiradas com seringa e injetadas em cromatógrafo a gás GOW MAC, Série 550, com detector de condutividade térmica, equipado com coluna de alumínio preenchida com Porapak Q. As condições de trabalho foram: fluxo de 40 mL por minuto de gás hélio, que foi o gás de arraste; corrente elétrica de 150 mA; temperaturas da coluna, do

detector e do injetor de 50, 70 e 80 °C, respectivamente; e temperatura ambiente de 20 a 23 °C. A quantificação de CO₂ foi feita por meio de comparação dos picos produzidos pela amostra, no cromatograma, e os produzidos pela injeção de uma alíquota-padrão composta de 5,96% mol de CO₂ por mol de mistura CO₂ + N₂. Os resultados foram expressos em mg de CO₂.kg.⁻¹.h⁻¹.

2.1.14 - Unidades de calor (graus-dia)

As determinações de unidades de calor (UC) foram feitas de acordo com Chitarra; Chitarra (2005), onde se calculou a temperatura média diária, cuja soma algébrica foi deduzida da temperatura mínima de crescimento:

$$UC = \sum_{\text{Antese}}^{\text{Amadurecimento}} (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2 - T_{\text{base}}, \text{ onde:}$$

UC = unidades de calor, °C;

T_{máx} = temperatura máxima do ar, °C;

T_{mín} = temperatura mínima do ar, °C; e

T_{base} = temperatura mínima de crescimento, °C.

A temperatura base ou mínima de crescimento da mangueira encontrada na literatura é 10° C, dada como a temperatura abaixo da qual há paralisação do crescimento da planta (Chaudhri, 1976; Medina et al. 1981; Silva, 1996; Lucena, 2006).

Para medir a temperatura foi utilizado um datalogger até 126 dias após a antese (DAA), o que corresponde a 18^a semana após a antese (SAA), após este período houve falhas no aparelho utilizado. Desta forma, a análise para graus dia só foi realizada até a 18^a SAA.

2.1.15 – Análise dos dados

Os dados obtidos em função do tempo foram submetidos à análise de variância e de regressão. Para explicar fisiologicamente o desenvolvimento dos frutos, para algumas características utilizaram-se modelos de regressões não-lineares sigmoidais, com três e quatro parâmetros, conforme descrito a seguir. A escolha dos modelos não-

lineares foi baseada no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico.

$$\hat{y} = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{x - x_0}{b}\right)}$$

a = ponto de máximo da curva
 b = parâmetro de ajuste
 x_0 = ponto de inflexão

$$\hat{y} = y_0 + \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{x - x_0}{b}\right)}$$

$a = y_{\max} - y_{\min}$
 b = parâmetro de ajuste
 x_0 = ponto de inflexão
 y_0 = ponto de mínimo da curva

Os pontos de inflexão das curvas ajustadas corresponderam aos momentos em que ocorreram as taxas máximas de acúmulo da característica em análise. A taxa máxima de acúmulo semanal foi determinada pelo acúmulo no ponto de inflexão menos o acúmulo da semana anterior, de acordo com Laviola et al. (2009, 2008, 2007^a, 2007^b e 2007^c). Os pontos de curvatura mínima (PC_{\min}) e máxima (PC_{\max}) nos modelos sigmoidais foram calculados conforme método citado por Venegas et al. (1998), utilizando os parâmetros das equações não-lineares:

$$P C_{\min} = x_0 - 2b \quad PC_{\max} = x_0 + 2b$$

O PC_{\min} indica o momento na curva de acúmulo em que se iniciam ganhos significativos no acúmulo de micronutrientes. Já o PC_{\max} indica o momento em que o acúmulo da característica em análise começa a se estabilizar.

O programa estatístico utilizado foi o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa, versão 9.1 (SAEG, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Comprimento, diâmetros ventral e transversal

As medidas de comprimento ajustaram-se a um modelo sigmoidal simples em resposta a variação do tempo (Figura 3). O ponto de curvatura mínima ocorreu na 3,08ª SAA, indicando início de ganhos expressivos no crescimento do fruto (Figura 3). A taxa de crescimento máxima do comprimento ocorreu na 7,7ª SAA, com ganho semanal de 8,89 mm. O ponto de curvatura máxima ocorreu na 12,3ª SAA, indicando que a partir dessa semana o comprimento começou a estabilizar.

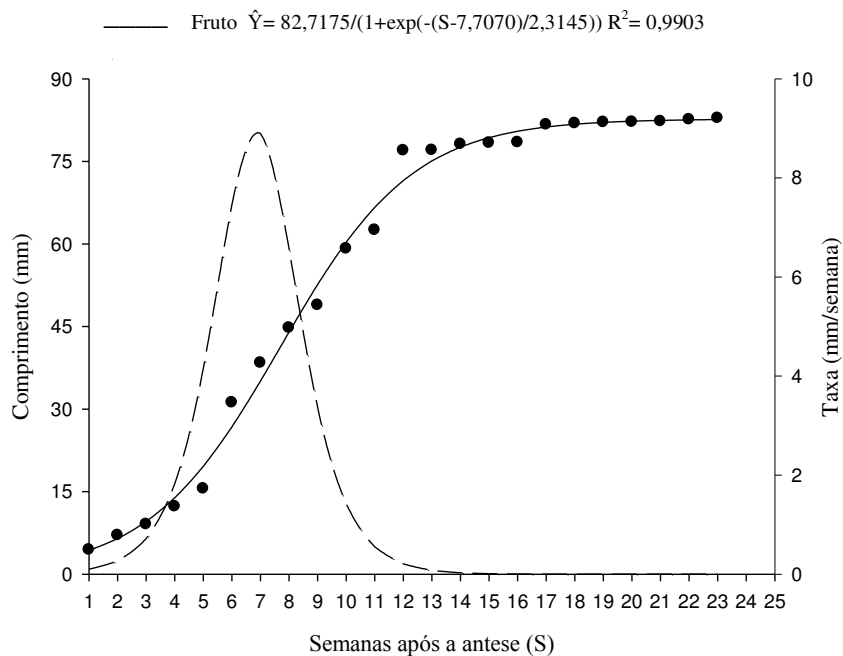


Figura 3: Valores observados e estimados do aumento do comprimento durante o desenvolvimento da manga 'Ubá', em função do tempo (S).

O ponto de curvatura mínima para os diâmetros ventral e transversal ocorreram na 2,54ª e 2,17ª SAA, respectivamente, indicando início de ganhos expressivos nas dimensões do fruto do fruto (Figura 4). Os pontos de curvatura máxima para os diâmetros ventral e transversal ocorreram na 13,86ª e 13,33ª SAA, respectivamente, indicando que a partir dessas semanas as dimensões começaram a estabilizar.

As médias dos diâmetros ventral e transversal ajustaram-se a um modelo sigmoidal em resposta à variação do tempo (Figura 4). Lucena (2007) trabalhando com

curva de crescimento em manga cv. Tommy Atkins no Vale do São Francisco, em Petrolina, PE, observou que os diâmetros longitudinal, ventral e transversal apresentaram ajuste quadrático em função da variação do tempo. Os frutos aumentaram em tamanho até 10^a SAA quando se avaliou o comprimento e até 11^a SAA quando se considerou os diâmetros ventrais e transversais, e após estes períodos essas características praticamente se mantiveram constantes.

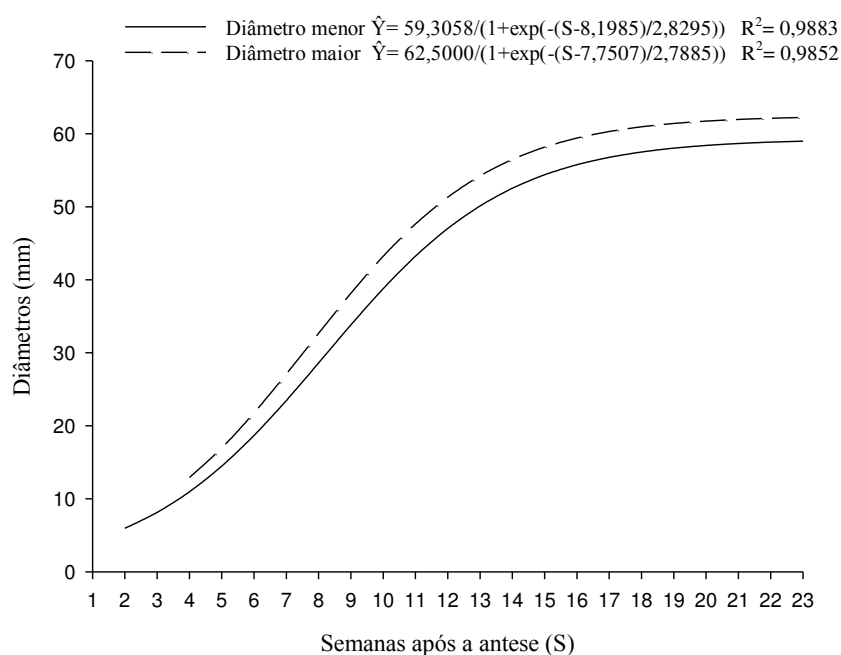


Figura 4: Estimativa dos diâmetros ventral e transversal durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’ em função do tempo (S).

3.2. Parâmetros de cor da casca e da polpa

Embora nem todos os frutos mudem de cor durante o amadurecimento, esta é uma das características mais associadas ao ponto de colheita e maturidade para consumo (TUCKER, 1993). Esta afirmação é particularmente verdadeira na colheita da manga, especialmente em relação à cor da casca. Na figura 5 A, é possível observar que a diferença de cor da casca (ΔE) de manga ‘Ubá’ aumentou 27 vezes da 9^a SAA ($\Delta E=2,7$) e começou a sofrer alterações mais bruscas a partir da 21^a SAA, apresentando, na 23^a SAA, diferença de cor de 12,6.

A diferença de coloração da polpa duplicou da nona até a 14^a SAA passando de 4,0 para 8,6. A partir daí houve elevado incremento, chegando na 23^a SAA a 34,2 (Figura 5 A).

A característica ângulo hue da casca ajustou-se a um modelo sigmoidal (Figura 5B). O ponto de curvatura mínima ocorreu na 21,8ª SAA ($h=102,8^\circ$), indicando o início da transição da cor verde para amarela. Na 23ª SAA, a casca se encontrava na cor amarelo intenso ($h=82,9^\circ$). O ponto de curvatura máximo foi estimado em 26,1° SAA, indicando que não houve estabilização durante o período experimental. A coloração dos frutos varia acentuadamente com a intensidade e a quantidade de insolação que o fruto recebe (MORAIS et al., 2002). Portanto, a sua posição na planta e a estação do ano influenciam significativamente no desenvolvimento da cor, razão provável do alto desvio padrão das médias observadas (dados não mostrados).

Resultados semelhantes foram encontrados por Moraes et al. (2000) que trabalhando com desenvolvimento de frutos de manga ‘Ubá’ em Visconde do Rio Branco - MG, observaram que a partir da 21ª semana após a floração, segundo a escala de cor de Munsell a coloração da casca de manga passou da matiz 5,0 GY (verde-amarelo) para a matiz 5,0 Y (amarelo) a partir da 21ª semana após a floração e, finalmente, alcançou a matiz 10 YR (laranja) entre a 23ª e a 24ª semana após a floração.

De acordo com O’ Hare (1995), o início do climatérico em frutos de manga é caracterizado por intensa degradação de clorofila da casca. Isso pode ser observado na figura 5B, pois na 21,8 SAA iniciou-se rápida transformação da cor verde para amarelo, praticamente coincidindo com o pico climatérico (Figura 17).

O ângulo Hue da polpa (Figura 5 B) ajustou-se a um modelo sigmoidal. A cor amarela esverdeada para a polpa foi atingida na 15ª SAA ($h=100,6^\circ$). A cor amarela da polpa ($h=90^\circ$) foi alcançada 18,3ª SAA. Na 23ª SAA a coloração da polpa era 73,9°, o que indica coloração amarelo alaranjado (McGuire, 1992).

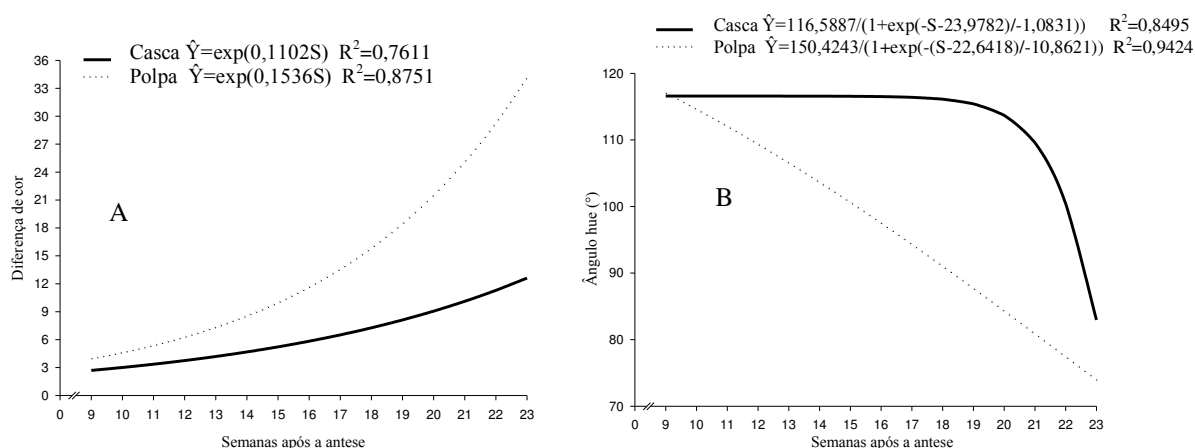


Figura 5: Estimativa da diferença de cor, A: da casca e da polpa (ΔE) e B: Ângulo Hue° da casca e da polpa, durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

Os pontos de curvatura mínima (PC min) e máxima (PC max) foram de 44,4 SAA e 0,9 SAA, respectivamente, extrapolando o período experimental e indicando ausência de fase estável na mudança de cor na polpa.

3.3. Massa fresca do fruto, polpa, casca e semente

Semelhantemente às dimensões, o acúmulo de massa fresca do fruto, polpa, casca e semente ajustou-se a um padrão de desenvolvimento sigmoidal simples (Figuras 6 e 7).

O ponto de curvatura mínima ocorreu na 7,4^a SAA, indicando início de ganhos expressivos no acúmulo de massa fresca do fruto (Figura 6). Através da derivada da equação de ajuste é possível observar que a maior taxa de acúmulo da massa fresca ocorreu na 11,4^a SAA com ganho semanal de 19,87 g. O ponto de curvatura máxima ocorreu na 15,4^a SAA, indicando que a partir dessa semana o acúmulo de massa fresca começou a estabilizar, o que corresponde a 88% do acúmulo máximo. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Moraes et al. (2000) que trabalhando com desenvolvimento de manga 'Ubá' na Zona da Mata Mineira, observou que a partir da 15^a semana após a floração, houve estabilização do acúmulo de massa fresca para o fruto.

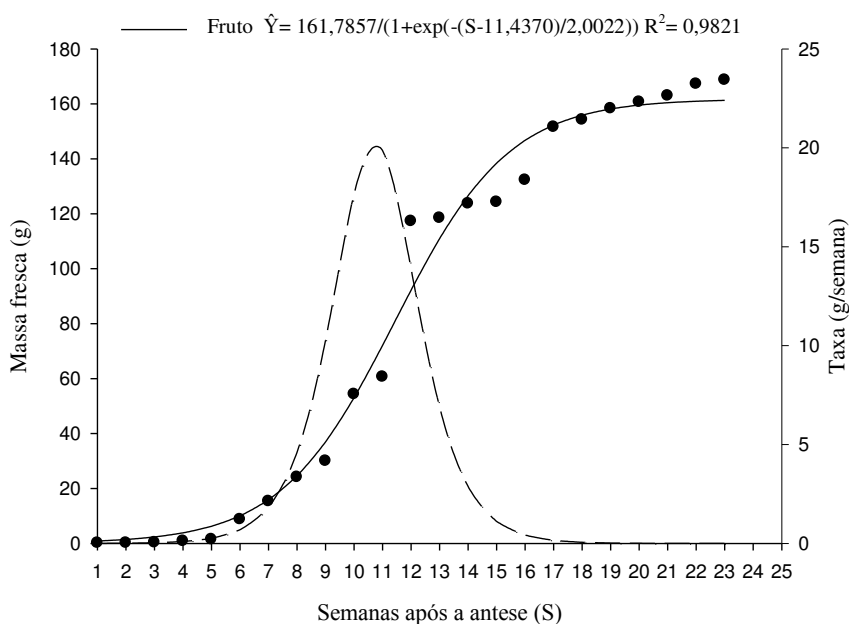


Figura 6: Valores observados e estimados do aumento do acúmulo de massa fresca do fruto durante o desenvolvimento da manga 'Ubá', em função do tempo (S).

O ponto de curvatura mínima ocorreu na 6,86^a; 5,59^a e 9,73^a SAA para polpa, casca e semente, respectivamente (Figura 7). Para a polpa, casca e semente, o ponto de curvatura máxima, ou seja, o início da estabilização no acúmulo de massa fresca só ocorreu na 15,19^a; 20,25^a e 13,84^a SAA, respectivamente (Figura 7). As massas máximas atingidas pela polpa, casca e semente foram 101,13; 34,75 e 29,09 g, respectivamente.

Da nona semana em diante, a partir de quando foi possível separar as partes do fruto, a polpa já se destacava sobre os demais componentes, até atingir 62,49% da massa total do fruto.

Na 17^a SAA, quando o fruto já se encontrava fisiologicamente maduro, observa-se que o rendimento de polpa, casca e semente foi de 63,47; 17,35 e 19,18 %, respectivamente. Estes resultados confirmam os encontrados por Rocha (2009), que trabalhando com vários acessos de manga ‘Ubá’ encontrou rendimento de polpa, casca e semente 65,28; 20,03 e 15,76%, respectivamente. De acordo com Folegatti et al. (2002), o rendimento de polpa mínimo aceitável para selecionar cultivares cujos frutos são destinados a industrialização é de 60%, estando os frutos analisados nesse experimento acima dessas exigências.

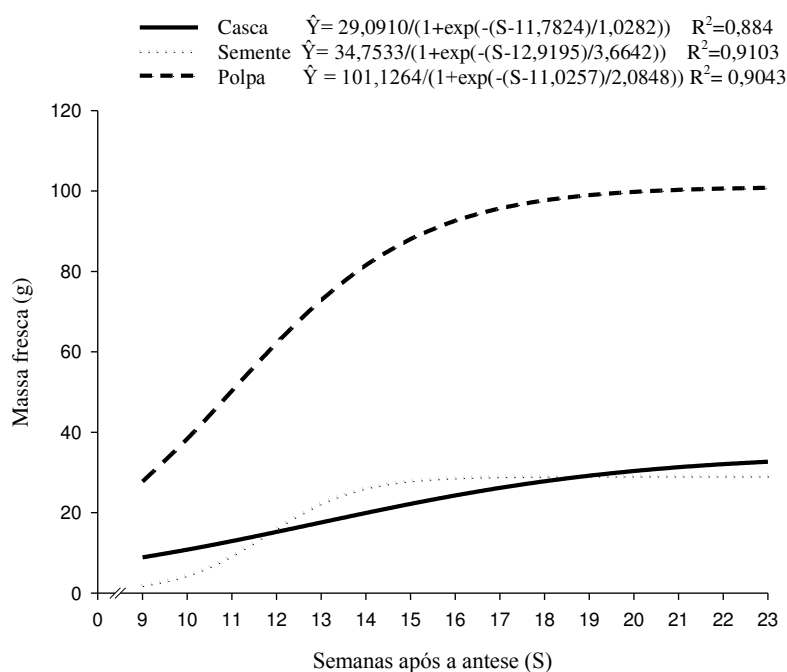


Figura 7: Estimativa da massa fresca da polpa, casca e semente durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

3.4. Massa seca do fruto, polpa, casca e semente

O ponto de curvatura mínima ocorreu na 8,78^a SAA, indicando início de ganhos expressivos no acúmulo de massa seca do fruto (Figura 8). Já o ponto de curvatura máxima ocorreu na 22,58^a SAA, indicando que a partir dessa semana o acúmulo de matéria seca começou a estabilizar. Esse início de estabilização ocorreu próximo à 23^a SAA, quando os frutos já se encontravam maduros na planta, ao contrário do acúmulo de matéria fresca, em que a estabilização ocorreu a partir da 15,4^a SAA (Figura 6).

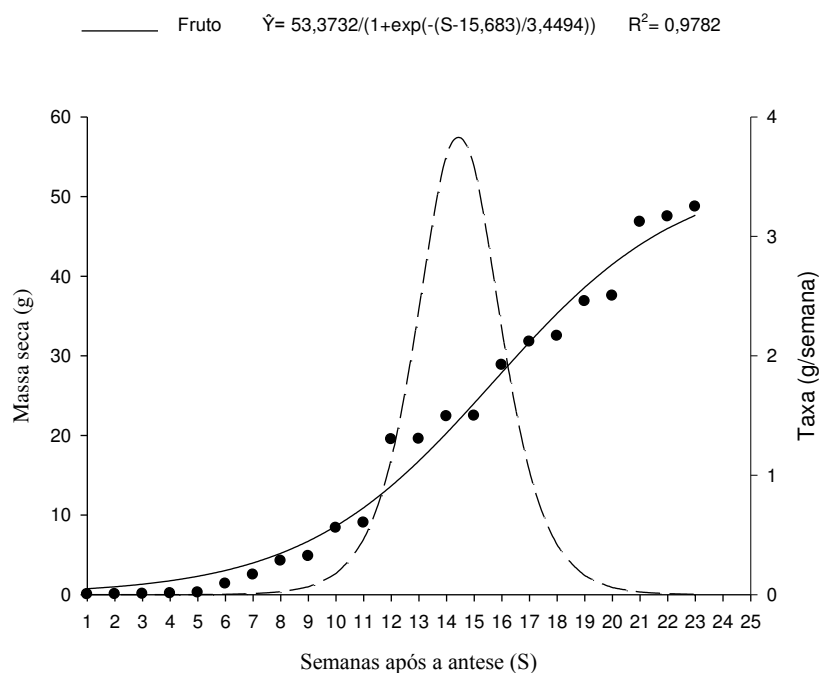


Figura 8: Valores observados e estimados do acúmulo de massa seca do fruto durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

É possível observar que a polpa foi o componente responsável pela maior quantidade de massa seca no fruto totalmente desenvolvido (Figura 9), assim como observado para jaboticaba (MAGALHÃES, 1991). Até cerca da 11^a SAA, a casca da manga ‘Ubá’ acumulava mais massa seca do que a semente; a partir daí, um acúmulo acentuado de massa seca foi observado na semente, continuando até o final do desenvolvimento.

O ponto de curvatura mínima ocorreu na 9,14^a; 5,30^a e 10,26^a SAA para polpa, casca e semente respectivamente (Figura 9). Por outro lado, o ponto de curvatura máxima ocorreu na 22,55^a e 20,29^a SAA para casca e semente, respectivamente. Para a massa seca da polpa, o ponto de curvatura máxima foi estimado em 31,32 SAA, indicando que não houve estabilização durante o período experimental.

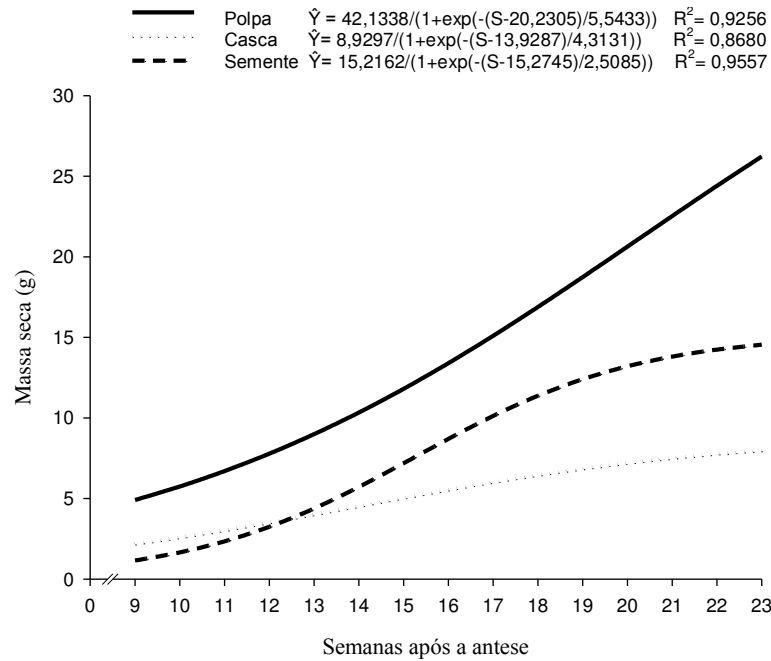


Figura 9: Estimativa da massa seca da polpa, casca e semente durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

3.5. Extravasamento de solutos

O extravasamento de solutos ajustou-se ao modelo linear em função do tempo (Figura 10). Observa-se que o extravasamento de solutos é diretamente proporcional ao desenvolvimento do fruto, ou seja, concomitantemente ao desenvolvimento vai ocorrendo maior extravasamento de solutos. Isso possivelmente ocorreu devido à expansão celular durante o desenvolvimento do fruto. Houve correlação positiva para acúmulo de massa seca da polpa (0,829**) e teor de sólidos solúveis (0,667**) e extravasamento de eletrólitos, indicando que a expansão celular e consequentemente, o acúmulo de massa seca pode ter sido responsável pelo maior vazamento de eletrólitos. A expansão celular, bem como o amadurecimento, provoca grandes alterações na estrutura da membrana e da parede celular. Isso leva ao aumento do extravasamento de solutos. De acordo com Kader (1999), umas das transformações mais marcantes que ocorrem durante o amadurecimento e posterior senescência dos frutos é o extravasamento de solutos, o que confirma os dados observados neste trabalho.

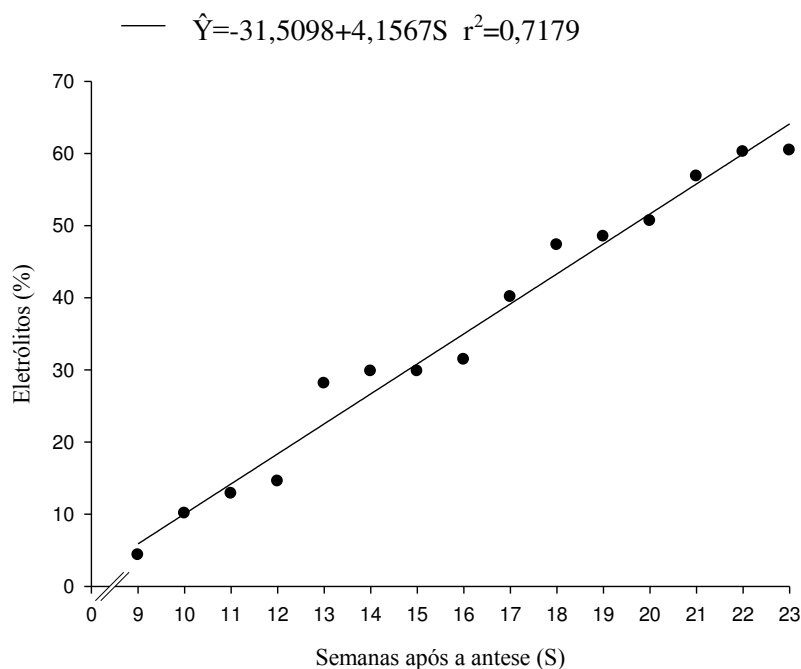


Figura 10: Valores observados e estimados do extravasamento de eletrólitos da polpa (%) durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

3.6. Consistência da Polpa

A consistência da polpa dos frutos reduziu gradativamente até a 14^a SAA (Figura 11). Da 15^a SAA em diante, houve aumento da taxa de queda da consistência, como se vê pelo aumento da declividade da curva. Filgueiras et al. (2000), recomendam a colheita da manga ‘Tommy Atkins’ com consistência de 129,36 N. Mas é possível encontrar bastante divergências entre os autores para esta mesma cultivar. Medlicott e Reynolds (1988) recomendam colher a manga ‘Tommy Atkins’ com consistência variando de 107,84 a 127,45 N e Alves et al. (2002), com consistência de 129,41 N. Conforme se discutiu anteriormente, a colheita da manga ‘Ubá’ pode ocorrer a partir da 17^a SAA (maturidade fisiológica). Nesse período, a consistência estimada da polpa foi de 2015,6 kPa (Figura 1).

No final do desenvolvimento, a queda brusca da consistência da manga ‘Ubá’ pode ter ocorrido devido à relação com o amadurecimento e a degradação da parede celular e lamela média.

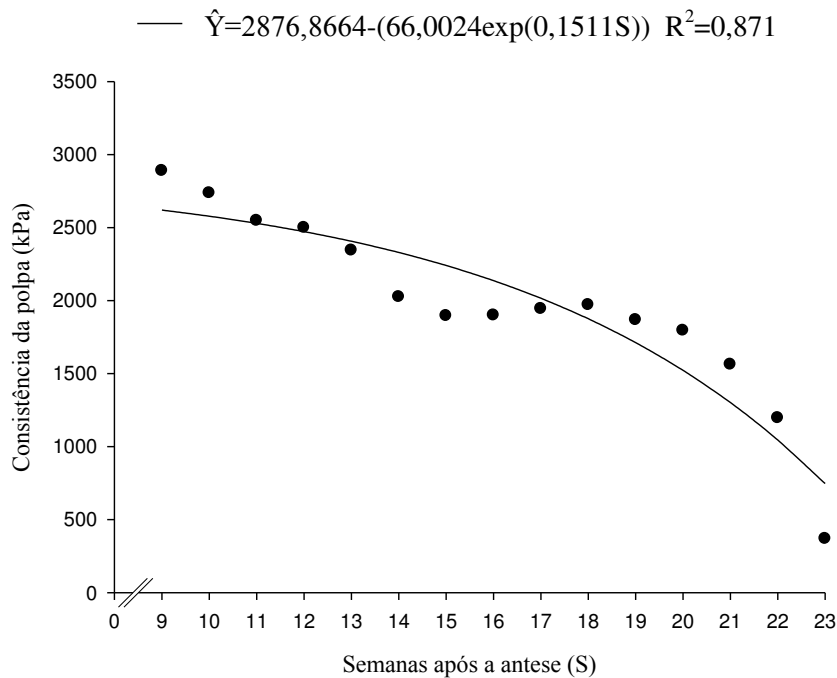


Figura 11: Valores observados e estimados da consistência da polpa (kPa) durante o desenvolvimento da manga ‘Uba’, em função do tempo (S).

A consistência da polpa teve correlação significativa e negativa com o teor de sólidos solúveis (-0,8604**), e com ângulo hue da polpa (-0,862**) indicando que quanto maior o teor de sólidos solúveis e quanto mais amarela, menor a consistência da polpa. Com o amadurecimento, ocorre à hidrólise de polissacarídeos incluindo o amido, o que resulta no aumento da concentração de açúcares solúveis, levando a um maior teor de sólidos solúveis. Essas alterações explicam, em parte, a perda da firmeza ou aumento de maciez da fruta quando avança o estágio de amadurecimento do fruto (VAN BUREN, 1984).

3.7. Sólidos solúveis e acidez titulável

Os SS aumentaram gradativamente até a 17^a SAA e, rapidamente, daí em diante (Figura 12 A). Da 9^a SAA até a 17^a SAA o teor de sólidos solúveis aumentou de 6,5 para 8,0 °Brix. O teor máximo de 24,32° Brix foi atingido na 23^a SAA. De acordo com Sigrist (1992), o aumento no teor de SS durante a maturação é atribuído principalmente à hidrólise dos carboidratos de reserva, acumulados durante o crescimento do fruto na planta. Frutos colhidos a partir da 17^a SAA, e deixados a amadurecer, completaram o amadurecimento e adquiriram características organolépticas satisfatórias para o consumo (capítulo 2).

Ocorreu redução na acidez titulável com o decorrer do desenvolvimento do fruto (Figura 12 B). Na 9ª SAA o teor de ácido cítrico foi de 3,49%. No momento em que o fruto atingiu a maturidade fisiológica, na 17ª SAA, o teor de acidez foi 2,33% e no fruto completamente maduro 0,83% de ácido cítrico. Segundo Hulme (1974), após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos usualmente declina em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares. Essas transformações têm papel importante nas características de sabor (acidez) e do aroma, uma vez que alguns compostos são voláteis.

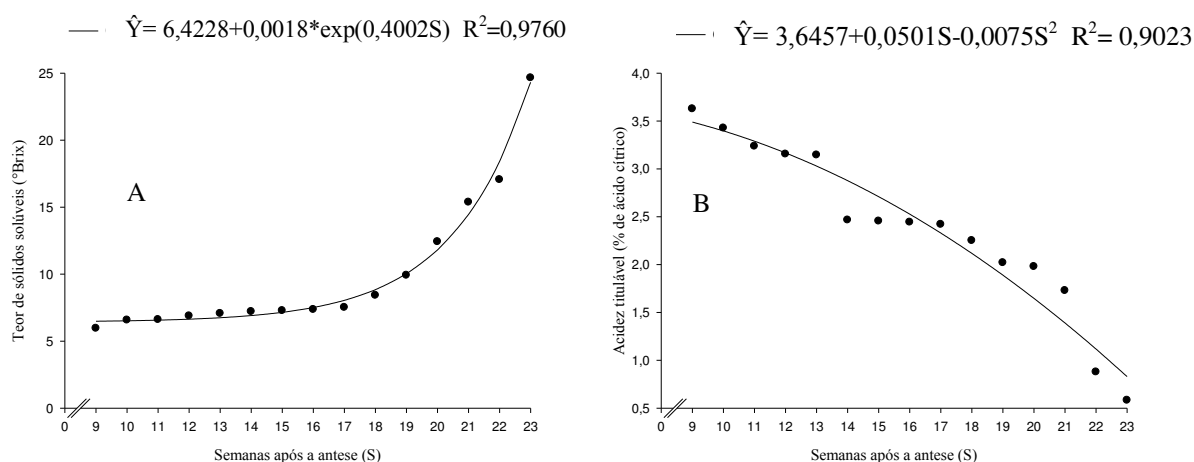


Figura 12 - A: Valores observados e estimados do teor de sólidos solúveis da polpa e B: acidez titulável da polpa durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

A acidez titulável teve correlação significativa com a consistência da polpa (0,9192**), quanto menor a consistência da polpa menor foi a acidez titulável. Quanto menor acidez titulável, maior o pH; isso pode reduzir a estabilidade de pectinas da parede, facilitando o ataque da poligalacturonase e, assim reduzir a consistência da polpa.

3.8. Ratio

Em frutos de várias espécies, a razão sólidos solúveis/acidez titulável é indicadora do estágio de maturidade fisiológica (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esta relação era de 2,57 na 9ª SAA passando para 2,86 na 17ª SAA, (Figura 13), sendo este período caracterizado pelo baixo teor de sólidos solúveis e elevada acidez titulável (Figura 12). Com o avanço do desenvolvimento, a acidez decresceu e houve incremento

no teor de sólidos solúveis e, conseqüentemente, após a 17ª SAA observou-se um aumento da razão, para finalmente apresentar rápido aumento entre a 21ª e a 23ª SAA, apresentando ratio de 42,63 na 23ª SAA.

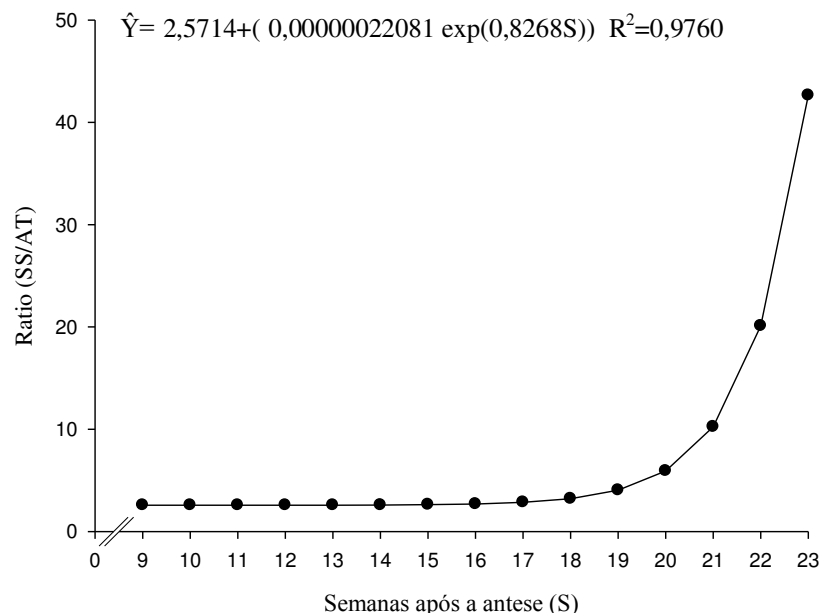


Figura 13: Valores observados e estimados do ratio (teor de sólidos solúveis/ acidez titulável) durante o desenvolvimento da manga 'Ubá', em função do tempo (S).

3.9. Vitamina C

A vitamina C decresceu segundo modelo quadrático ao longo das semanas após a antese (Figura 14). Segundo Menezes (1996), o ácido ascórbico é, estruturalmente, um dos componentes vitamínicos mais simples encontrados em plantas. É uma lactona de açúcar ácido que é sintetizada em plantas a partir de glicose ou outros carboidratos simples. Foi possível observar que, para a manga 'Ubá', os valores encontrados para vitamina C nos frutos maduros são praticamente o dobro dos valores encontrados para outros cultivares, pois na 23ª SAA os frutos apresentavam teor de vitamina C de 73,67 mg/ 100g de massa fresca da polpa, o que destaca o alto valor nutritivo da cv Ubá. Na 17ª SAA, que corresponde ao fruto fisiologicamente maduro, observa-se uma tendência de estabilização da vitamina C. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro (2006) que, trabalhando com manga 'Ubá', no estágio maduro para consumo obteve valores de 77,71 mg/ 100g de massa fresca da polpa, contra 15,69, 9,79 e 10,54 mg/100g de massa fresca da polpa para os cultivares Haden, Tommy Atkins e Palmer, respectivamente.

Os teores de vitamina C descritos nesse experimento são bastante semelhantes àqueles relatados por Lakshminarayana et al. (1970), em trabalho realizado com manga ‘Alphonso’, em que concentrações médias de 175,0 e 87,5 mg/100 g da massa fresca da polpa foram obtidos para os estádios 35 e 112 dias após a antese, respectivamente. Segundo Franco (2003), a manga ‘Comum’ madura possui 43 mg de vitamina C /100 g da massa fresca da polpa. Por outro, Wills et al. (1998) afirmam que essa mesma cultivar possui 30 mg/100 g da massa fresca da polpa de vitamina C e Salunke e Desai (1984), em ‘Keitt’, detectaram apenas 13,9 mg/100 g da massa fresca da polpa de vitamina C. As diferenças entre os teores encontrados por estes autores e os deste experimento, podem ser atribuídas às diferenças entre cultivares, localização dos plantios, em climas e regiões distintas, diferentes tratos culturais, tipos de solos, e uso ou não de irrigação.

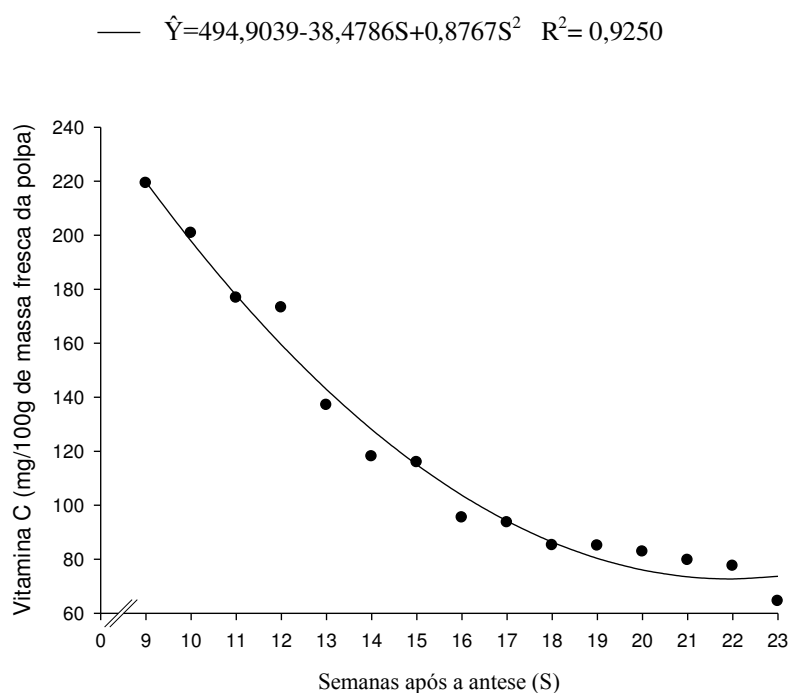


Figura 14: Valores observados e estimados da vitamina C da polpa (mg/100g de massa fresca da polpa) durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

3.10 Carotenóides

As médias dos teores de carotenóides ajustaram-se a um modelo quadrático em resposta à variação do tempo (Figura 15). Observa-se ao longo do desenvolvimento dos frutos, incremento no teor de carotenóides, partindo de 0,3 mg/100g da massa fresca da polpa na 9ª SAA para 2,5 mg/100g na 23ª SAA. Os resultados observados confirma os

encontrados por Ribeiro (2006) que, trabalhando com alguns cultivares de manga, entre elas a ‘Ubá’ coletada no comércio local no estágio maduro para consumo, observou valores de carotenóides totais de 2,41 mg/100g. Por outro lado, cultivares como Haden, Tommy Atkins e Palmer apresentam teores de carotenóides na polpa de 1,91; 2,53 e 2,63 mg/ 100g de polpa, respectivamente (Ribeiro, 2006).

Medlicott et al. (1986), trabalhando com a manga ‘Tommy Atkins’, encontraram valor para carotenóides totais superior a 0,5 mg/100 g da massa fresca da polpa. Salunke e Desai (1984), estudando diversas cultivares de mangas maduras, verificaram uma variação no teor de carotenóides totais de 0,9 a 9,2 mg/100 g da massa fresca da polpa. Mangels et al. (1993) ressaltam que os níveis desses pigmentos podem ser influenciados pela estação do ano, localização geográfica, condições de colheita, além de outros fatores.

Subbarayan (1970) trabalhando com manga ‘Alphonso’ nos estádios de amadurecimento verde, parcialmente maduro e maduro, observou teor de carotenóides de 0,041; 3,36 e 8,92 mg/100 g da massa fresca da polpa, respectivamente.

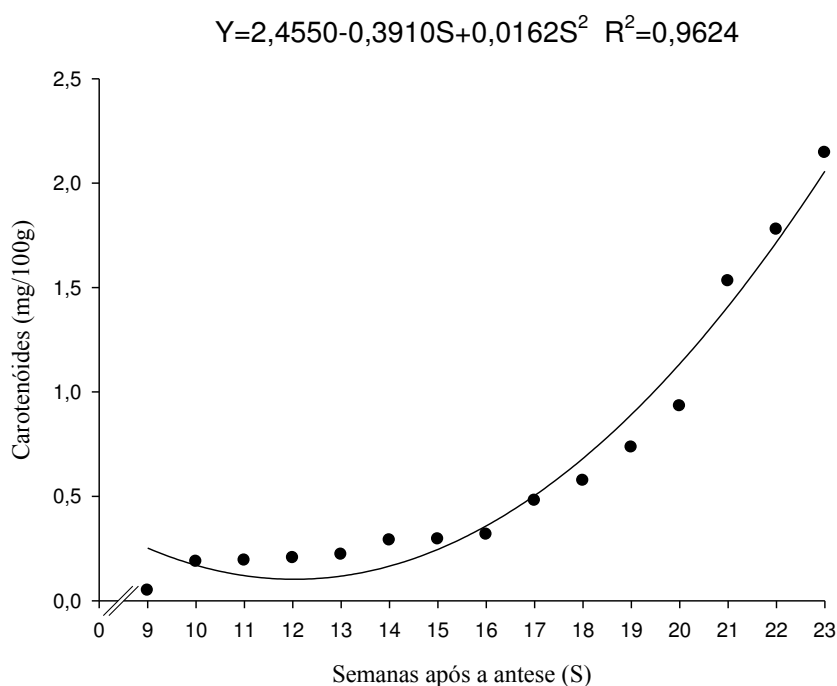


Figura 15: Valores observados e estimados do teor de carotenóides da polpa (mg/100g de polpa) durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

3.11 Carboidratos

O teor de amido ajustou-se a um modelo quadrático (Figura 16 A). Estimou-se na 9^a SAA, 7,32% de amido; ao longo do desenvolvimento do fruto houve acúmulo expressivo de amido até a 17^a SAA (11,87%) e, daí até o completo amadurecimento do fruto na planta houve decréscimos. Este decréscimo do amido a partir da 17^a SAA, indica a conversão do amido em açúcar (Figura 16 B). Lakshminarayana et al. (1970) trabalhando com manga ‘Tommy Atkins’, durante a permanência da manga na planta, observou que o acúmulo de amido é a principal atividade nos tecidos da polpa, cujo teor aumenta de 1,5% após o vingamento para até 13% quando atinge o completo desenvolvimento. No entanto, após a colheita, esse amido é totalmente hidrolisado e ocorre síntese de açúcares totais em até 8 dias. Esses valores podem variar com a cultivar, período da colheita, local de cultivo e condições de cultivo (LUCENA, 2006).

O amido é descrito como sendo a principal reserva de carbono utilizada na síntese pós-colheita da sacarose (açúcar predominante na manga madura) (FUCKS et al., 1980; MATOO et al., 1975; SUBRAMANYAM et al.; 1975; TANDON et al., 1993). Porém, não existe consenso, pois Hubbard et al. (1991) e Castrillo et al. (1992), por exemplo, concluíram que o conteúdo de amido encontrado na manga recém-colhida, era insuficiente para fornecer mais do que um acréscimo de 7% no teor de açúcares da polpa para a produção da sacarose acumulada durante o amadurecimento após a colheita.

O teor de açúcares solúveis (Figura 16 B), como principal constituinte dos SS, seguiu a mesma tendência de aumento observada naquele. Conforme observado para o teor de sólidos solúveis (Figura 12 A), o teor de açúcares solúveis permaneceu praticamente constante até a 7^a SAA (2,02%). Daí em diante, o teor de açúcares foi crescente, sendo que da 22^a a 23^a SAA este aumento foi da ordem de 18,5%, passando de 5,84 para 6,92%. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Chitarra; Chitarra (2005), que afirmam que, em frutos climatéricos como a manga, o teor médio de açúcares no fruto maduro varia de 5 a 10%.

Para o teor de carboidratos totais (açúcares e amido), foi observado, na 23^a SAA valores de 14,40%. Este resultado confirma os resultados encontrados por Ribeiro (2006), que trabalhando com caracterização e avaliação do potencial antioxidante de manga, concluiu que o teor de carboidratos totais para manga ‘Ubá’ madura é de 15,87%.

Os dados encontrados na bibliografia consultada são conflitantes no que diz respeito aos níveis dos açúcares solúveis presentes no desenvolvimento e no fruto maduro. De acordo com Krishnamurthy; Subramanyam, (1973) e Awad, (1993) há um predomínio de hexoses no início do amadurecimento (3 a 6%) e da sacarose no fruto maduro (10 a 12%). Resultado diferente do encontrado por Medlicott e Thompson, (1985), onde a sacarose foi o açúcar predominante durante todo o amadurecimento do cultivar Keitt, contribuindo com cerca de 57% do conteúdo total de açúcares no fruto maduro. Existem ainda relatos que descrevem um aumento dos teores de açúcares durante o crescimento da fruta e relatos onde estes açúcares permaneceram constantes durante todo o seu desenvolvimento (HUBBARD et al., 1991; KRISHNAMURTHY et al., 1960). Em resumo, existem evidências de que o amadurecimento e o acúmulo dos açúcares solúveis na manga são iniciados antes da colheita e, embora os teores de amido a esta época possam ser considerados insuficientes, uma parte substancial dos açúcares que concorrem para o adoçamento do fruto maduro é acumulada após a colheita. A aparente discrepância entre os dados pode ser devido aos diferentes cultivares que foram estudados, às metodologias de análise utilizadas e também ao estágio de maturação do fruto quando colhido.

No presente trabalho é possível observar que existe síntese de amido em quantidades significativas durante a fase de formação do fruto, o que justifica todo o açúcar acumulado no fruto maduro, apesar de existir um espaço de tempo muito grande entre a degradação do amido e a síntese de açúcar. É provável que o adoçamento da manga comece com a fruta ainda ligada à árvore e continue após a colheita. De acordo com Bernardes-Silva et al. (2003), ainda não é claro qual é a fonte de carbono para a síntese pós-colheita da sacarose.

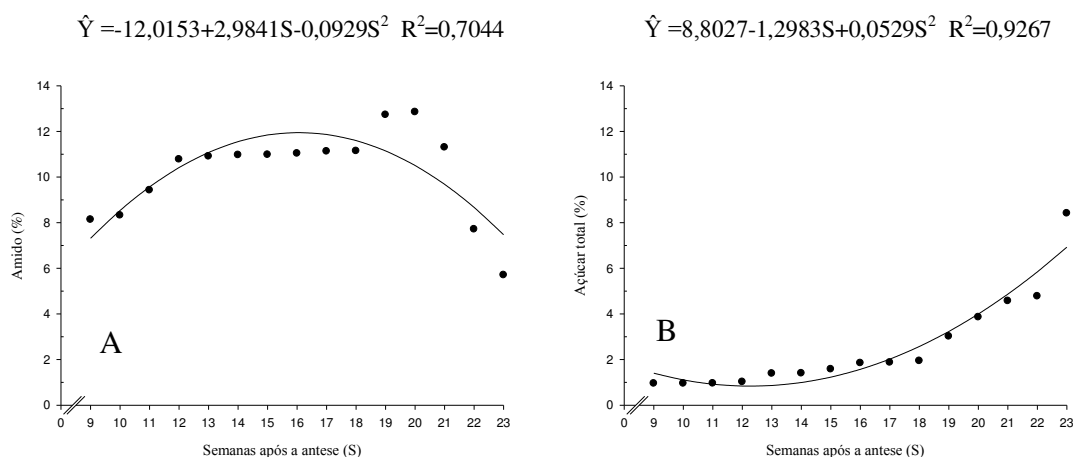


Figura 16: Valores observados e estimados de amido (A) e açúcares (B) na matéria fresca da polpa durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’, em função do tempo (S).

3.12 Produção de CO₂

A produção de CO₂ decresceu até por volta da 11^a SAA (Figura 17). Observaram-se altas taxas de produção de CO₂ da primeira à quinta SAA, com queda de 2533,00 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ para 879,21 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹. De acordo com Taiz; Zeiger (2004), a existência de produções elevadas de CO₂ no início do desenvolvimento não tem relação com o padrão climatérico ou não-climatérico do fruto e pode estar relacionada com a divisão celular e o crescimento radial das células.

Da sexta à 11^a SAA, a produção de CO₂ continuou em queda, porém mais suave, passando de 245,26 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ para 55,32 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹. Da 12^a SAA até a 20^a SAA, houve estabilização da produção de CO₂, com média de 55,60 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹ no período e na 21^a SAA ocorreu o pico climatérico, com produção de 165,93 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹.

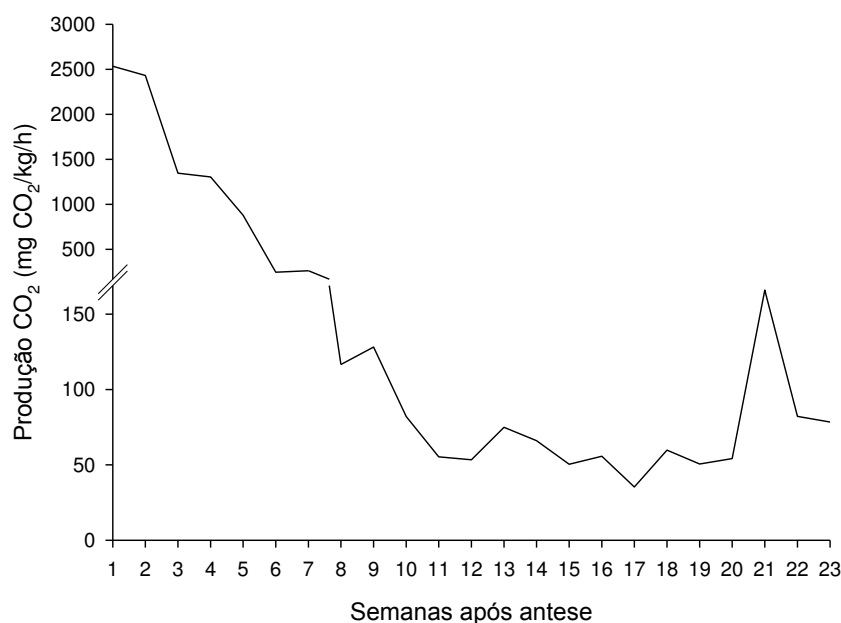


Figura 17: Produção de CO₂ (mg de CO₂ kg⁻¹.h⁻¹) durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’.

3.13 Fases de desenvolvimento e acúmulo de unidades de calor (graus-dia)

Durante o desenvolvimento da manga 'Ubá' foi possível identificar três fases, delimitadas pelos PC_{mín} e PC_{max} das equações de ajustes das características físicas

referentes ao fruto inteiro (Tabela 1). Nota-se que os PC_{\min} e PC_{\max} variaram de acordo com a característica avaliada. Portanto, embora seja possível estabelecer as fases do desenvolvimento para cada uma das características avaliadas, optou-se por utilizar suas médias para a delimitação do intervalo de tempo de cada fase.

Tabela 1. Pontos de curvatura mínima e máxima e taxas de crescimento máximas para as características físicas avaliadas durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’ em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais

Característica	PC min (SAA)	PC max (SAA)	Taxa crescimento máximo (SAA)
Comprimento	3,08	12,3	7,7
Diâmetro ventral	2,54	13,86	8,19
Diâmetro transversal	2,17	13,33	7,75
Massa fresca do fruto	7,43	15,44	11,44
Massa seca do fruto	8,78	22,58	15,68
Média	4,80	13,50	10,15

A primeira fase do desenvolvimento do fruto estendeu-se da 1ª à 5ª SAA, aproximadamente, com término variando de 2,17 SAA para o diâmetro transversal a 8,78 SAA para massa seca do fruto (Tabela 1). Em analogia ao trabalho descrito por Medina et al (1981), esta fase pode ser denominada juvenil. É caracterizada pela alta taxa respiratória, provavelmente devido à intensa multiplicação celular (TAIZ; ZEIGER, 2004), pequeno incremento das dimensões e da massa do fruto, casca verde e firmemente aderida à polpa. Ainda nessa fase se observam baixo extravasamento de eletrólitos, elevada consistência, baixos teores de sólidos solúveis, de açúcares e de carotenóides, elevadas acidez e vitamina C da polpa. Esta fase completou-se com o acúmulo de 308,5 UC (Tabela 2).

Tabela 2. Acúmulo de unidades de calor (UC) durante o desenvolvimento da manga ‘Ubá’ em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais

Dias ou semanas após a antese		Unidades de calor
DAA ¹	SAA ²	
7	1	72,0
14	2	136,5
21	3	210,0
28	4	295,0
35	5	308,5
42	6	336,5
49	7	360,5
56	8	442,5
63	9	548,7
70	10	657,2
77	11	772,3
84	12	888,1
91	13	998,2
98	14	1109,4
105	15	1219,3
112	16	1334,2
119	17	1459,1
126	18	1565,5

¹Dias após a antese. ²Semanas após a antese

A segunda fase do desenvolvimento do fruto estendeu-se da 6^a até a 15^a SAA, aproximadamente, com o término dessa fase variando de 12,30 SAA para comprimento a 22,58 SAA para massa seca do fruto (Tabela 1). Essa é a fase adolescente definida por Medina et al. (1981), em que há grande incremento nas dimensões e no acúmulo de massa fresca, resultante, principalmente de grande expansão celular e acúmulo de água no fruto. Apenas o acúmulo de massa seca ainda foi pequeno nesta fase, atingindo 17,4% da massa fresca do fruto ou 50,5 % da massa seca final, na 15^a SAA. Nessa fase, registraram-se as máximas taxas de incremento das dimensões e da massa do fruto, a taxa respiratória foi mediana, a casca permaneceu verde e a polpa tornou-se verde claro. A polpa sobressaiu-se em relação à casca e à semente, houve aumento no extravasamento de eletrólitos e o teor de amido manteve-se alto, houve ligeira redução da consistência, pequeno aumento nos teores de sólidos solúveis, de açúcares e de carotenóides e queda nos teores de acidez e vitamina C da polpa. Durante esta fase houve acúmulo de 910,8 UC (Tabela 2).

A terceira e última fase do desenvolvimento, ou fase climatérica (Medina et al., 1981), estendeu-se da 16^a até a 23^a SAA (Tabela 1), finalizando com a queda dos frutos maduros da árvore. Nessa fase, há tendência de estabilização das dimensões e do acúmulo de massa fresca. Todavia, 49,5% da massa seca do fruto, em grande parte carboidratos para a polpa, são acumulados nessa fase, aumentando a percentagem de matéria seca do fruto para 29,5% na 23^a SAA.

Aí, também, observam-se o pré-climatério (da 16^a à 20^a SAA), o climatério (21^a SAA), com pico de produção de CO₂ de 165,93 mg.kg⁻¹.h⁻¹, e o pós-climatério respiratório (da 22^a à 23^a SAA) (Figura 17). Essa é a fase de amadurecimento do fruto, em que há conversão do amido em açúcar, sendo essa conversão mais marcante a partir da 17^a SAA. Consequentemente, houve aumento no teor de açúcares e de sólidos solúveis da polpa. Paralelamente, houve queda da acidez titulável, provocando rápida elevação da relação SS/AT. Houve síntese intensa de carotenóides na polpa a partir da 17^a SAA e a polpa tornou-se gradativamente amarela. Por outro lado, o início do amarelecimento da casca só ocorreu a partir de 21,8 SAA (PC_{mín} para o ângulo hue), concomitantemente com a rápida redução na consistência da polpa. Assim, o fruto tomou-se macio e observou-se desenvolvimento de aroma e sabor característicos de fruto completamente maduro para consumo.

Estes resultados são similares aos encontrados por Moraes et al. (2000) que, estudando o desenvolvimento de manga 'Ubá' em Visconde do Rio Branco, MG, observaram o pico do tipo climatérico (91,0 mg CO₂ kg⁻¹.h⁻¹) na 23^a semana após a floração.

Em decorrência da evolução dessas características, é possível afirmar que a manga 'Ubá' atingiu a maturidade fisiológica na 17^a SAA (119 dias após a antese), após acúmulo de 1459,1 UC, pois frutos colhidos com esta idade e deixados para amadurecer em temperatura ambiente, completaram o amadurecimento e adquiriram características organolépticas satisfatórias para comercialização e consumo (ver capítulo 2). Nesse período, os valores atingidos para ângulo hue, consistência, SS, AT e relação SS/AT da polpa foram de 94,31°, 1904,55 kPa, 8,04° Brix, 2,33% e 2,85, respectivamente. Também nesse período, a massa fresca do fruto foi de 152,3 g, contra 161,3 g na 23^a SAA (Figura 6). Essa perda de massa do fruto e, conseqüentemente, de produção, é compensada pelos melhores preços alcançados pelos frutos colhidos precocemente.

Para a manga 'Tommy Atkins' cultivada na região de Petrolina, Lucena (2006) observou que, para atingir o ponto de colheita comercial são necessárias 1939,7 UC

(112 DAA), utilizando como temperatura base 10° C. Este paralelo evidencia que, em igualdade de condições ambientais, a manga 'Ubá' é mais precoce que a manga 'Tommy Atkins' quanto ao acúmulo de UC, todavia, esta variedade, cultivada na região de Petrolina, completa o seu desenvolvimento em menor período devido às condições climáticas mais favoráveis do local.

Para estudos realizados por Burondkar et al. (2000), com a manga 'Ratna' na Índia, utilizando a temperatura base de 17,9 °C, o acúmulo de unidades de calor durante o completo desenvolvimento do fruto foi de 866 UC, atingido aos 112 DAA.

4 CONCLUSÕES

- O ciclo de desenvolvimento da manga ‘Ubá’ em Visconde do Rio Branco estendeu-se por 23 semanas.
- O padrão de desenvolvimento ajustou-se a um modelo sigmoidal simples, com três estágios de crescimento, da 1^a à 5^a SAA; da 6^a à 15^a SAA e da 16^a à 23^a SAA.
- O climatérico respiratório dos frutos ligados à planta foi atingido na 21^a semana após a antese.
- A maturidade fisiológica do fruto foi atingida na 17^a SAA, após o acúmulo de 1459,1 unidades de calor (UC).

CAPÍTULO 2

EFEITO DO ETHEPHON NA ANTECIPAÇÃO DA COLHEITA E NOS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DA MANGA ‘UBÁ’

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de ethephon na antecipação e uniformização do amadurecimento e nos atributos de qualidade da manga ‘Ubá’. Na 17^a semana após a antese, 25 mangueiras, sendo cinco por tratamento, foram pulverizadas com ethephon nas doses 0, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹, acrescido de 0,5% de óleo mineral. Foram colhidos 10 frutos de cada planta, diariamente até o completo amadurecimento, com exceção da dose 0 mg L⁻¹, em que, a partir de 6 dias após aplicação do ethephon (DAAE), a colheita foi semanal até 41 DAAE. Dos 10 frutos colhidos, 5 foram analisados no dia da colheita e 5 armazenados a 20,0 ± 0,8 °C e 90 ± 5% umidade relativa e avaliados após o completo amadurecimento. Os frutos tratados apresentaram coloração de polpa mais intensa, menor firmeza e maior teor de sólidos solúveis em relação aos não-tratados. A aplicação de 500 ou 750 mg L⁻¹ de ethephon, seguida da colheita no 3^o DAAE, permitiu a obtenção de frutos com qualidade comercial, além de dispensar a climatização após a colheita. O uso do ethephon em pré-colheita antecipou o amadurecimento dos frutos na planta e a colheita de manga ‘Ubá’, e não prejudicou a qualidade final dos frutos.

1. INTRODUÇÃO

A mangueira ‘Ubá’ é encontrada crescendo espontaneamente em praticamente todos os Municípios da Zona da Mata Mineira, estando bem adaptada às condições edafoclimáticas da região (ROCHA, 2009). A manga ‘Ubá’ pode ser utilizada *in natura* ou na forma de sucos, geléias e outros produtos processados (PINTO et al., 2004). A excelente qualidade do seu suco faz com que as agroindústrias da região, concentradas nos Municípios de Visconde de Rio Branco, Ubá e Astolfo Dutra, se encontrem em franca expansão e sejam responsáveis pela geração de recursos e empregos. Isso gera demanda crescente de frutos em quantidade e com qualidade superior.

A manga ‘Ubá’ geralmente amadurece de novembro a janeiro, e a maturação desuniforme em uma mesma planta, exige a colheita escalonada, que pode prolongar-se por até um mês. O etileno está diretamente relacionado com o processo de amadurecimento dos frutos. Por isso, frutos fisiologicamente maduros de diversas espécies e cultivares têm sido submetidos a tratamentos com este regulador de crescimento e/ou seus análogos sintéticos, tanto em nível experimental como comercial, visando acelerar e uniformizar o seu amadurecimento e, ou, melhorar o seu padrão de qualidade. Com esses fins, entretanto, o uso do etileno tem-se restringido principalmente à pós-colheita de frutos.

Devido a sua alta taxa de difusão, é muito difícil aplicar o etileno no campo sob a forma de gás, mas tal limitação pode ser superada utilizando um composto capaz de liberar etileno (BRACKMANN et al., 2007). O composto mais amplamente utilizado é o ácido 2-cloroetilfosfônico (Ethepon), que é sintético, foi descoberto na década de 1960 e é comercializado sob vários nomes comerciais, como por exemplo, Ethrel, (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O ethepon, quando aspergido em solução aquosa, é rapidamente absorvido e translocado no interior das células vegetais. Em condições de pH igual ou superior a 5, ocorre hidrólise do ácido e liberação de etileno (YANG, 1969). Portanto, quando o ethepon é absorvido pela planta, ocorre a sua decomposição dentro da célula, liberando lentamente o etileno próximo ao seu sítio de ação, potencializando a sua resposta fisiológica (TAIZ; ZEIGER, 2004). Por esta razão, sua atuação no amadurecimento dos frutos é atribuída à liberação deste gás dentro dos tecidos vegetais (WARNER; LEOPOL, 1967).

O ethephon tem eficiência na antecipação e uniformização da coloração da casca de vários frutos não-climatéricos e no amadurecimento de frutos climatéricos quando utilizado na pós-colheita, como por exemplo, de tomate (MEDINA et al., 1996), ameixa (DOMINGUES et al., 2001), frutos cítricos (MARTINS, 2003), banana (ÁLVARES, 2003; SALOMÃO et al., 2004), café (CARVALHO et al. 2003) e maçã (STEFFENS; BRACKMANN, 2006; STEFFENS et al., 2006; ANDREUCETTI et al., 2007; FIORAVANÇO et al., 2007; NOGUEIRA et al., 2007). Entretanto, não há registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso de ethephon na pós-colheita de frutas (AGROFIT, 2009).

Na pré-colheita, ou seja, para aplicação no campo, o ethephon, em suas várias formulações comerciais, tem registro para uso em diversas culturas e com várias finalidades. Para uniformizar e antecipar o amadurecimento de frutos há registro para uso em algodão, café, figo e videira. Para a manga, o ethephon tem registro para indução do florescimento (AGROFIT, 2009).

Estudos foram realizados por Brackmann et al. (2007), avaliando os efeitos da aplicação em pré-colheita de ethephon (140g ha^{-1} aos sete dias antes da colheita) em pêssegos 'Eldorado'. Para frutos tratados com ethephon, observaram maior produção de etileno e redução drástica na firmeza e acidez, confirmando o potencial deste produto em antecipar o amadurecimento dos frutos.

Frutos de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Packham's Triumph foram pulverizados com ethephon nas concentrações de 0; 12,5; 25; 50 e 100 mg/L quatro semanas antes da data da colheita. Após a colheita as pêras foram armazenadas a $-1,0^{\circ}\text{C}$ e 92-96% de umidade relativa por 0, 10, 20, 40 e 80 dias. Após os períodos de armazenamento refrigerado, os frutos foram conservados em temperatura ambiente por dois ou oito dias. A firmeza da polpa apresentou uma tendência de diminuição com o aumento das concentrações de ethephon, do período de armazenamento e dos dias à temperatura ambiente. A relação sólidos solúveis totais (SST)/acidez titulável (AT) variou mais em função da redução da AT do que do aumento dos valores de SST. A relação SST/AT aumentou desde a aplicação dos tratamentos até a colheita. A produção de etileno aumentou com o aumento do período de armazenamento e do número de dias em temperatura ambiente; mas não foi influenciada pela concentração de ethephon (SEIBERT et al., 2000).

Não foram encontrados, na literatura consultada, relatos de uso de ethephon na pré-colheita de manga. A possibilidade desse produto ser efetivo em uniformizar e

antecipar a colheita da manga 'Ubá' traria vantagem para o produtor ao proceder a colheita de todos os frutos da planta de uma só vez, além de dispensar a climatização na pós-colheita. Para a indústria de polpa e suco, o uso do produto permitiria o escalonamento da oferta e, conseqüentemente, a otimização do uso de máquinas e mão-de-obra para beneficiar o fruto.

A partir desse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de ethephon para a antecipação e uniformização do amadurecimento e nos atributos de qualidade de frutos de manga 'Ubá'.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em pomar com aproximadamente 30 anos de idade, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, localizado em Visconde do Rio Branco, MG, Brasil (latitude de 21°00'37"S, longitude de 42°50'26"O, altitude de 352m).

No dia 02 de dezembro de 2007, que correspondeu à 17^a semana após a antese (quando os frutos encontravam-se fisiologicamente maduros – ver Cap. 1), as plantas foram pulverizadas com ácido 2-cloroetilfosfônico (produto comercial Ethrel, 240 g i.a./L), nas doses 0, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹ do ingrediente ativo, acrescido de 0,5 mL/L de óleo mineral (produto comercial ASSIST). Foram colhidos 10 frutos de cada mangueira diariamente, até o completo amadurecimento na planta, com exceção da dose 0 mg L⁻¹ que, após 6 dias da aplicação do ethephon (DAAE), a colheita foi realizada semanalmente até 41 DAAE. Dos 10 frutos colhidos, 5 foram analisados no dia da colheita e os outros 5 foram lavados, tratados em solução de fungicida Prochloraz (49,5 mL/ 100 L de água) por 5 minutos, secos ao ar ambiente, armazenados a 20,0 ± 0,8 °C e 90 ± 5% de umidade relativa e avaliados após o completo amadurecimento. Os frutos foram considerados maduros quando apresentaram polpa macia, cor amarela da casca e laranja da polpa e desenvolvimento do aroma e sabor característicos da manga 'Ubá'.

Os frutos foram avaliados quanto à coloração da polpa, consistência da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e razão sólidos solúveis/acidez titulável, conforme a descrição apresentada no capítulo 1. Para a determinação da diferença de cor da polpa (ΔE) usou-se como referência a cor do dia da aplicação do ethephon.

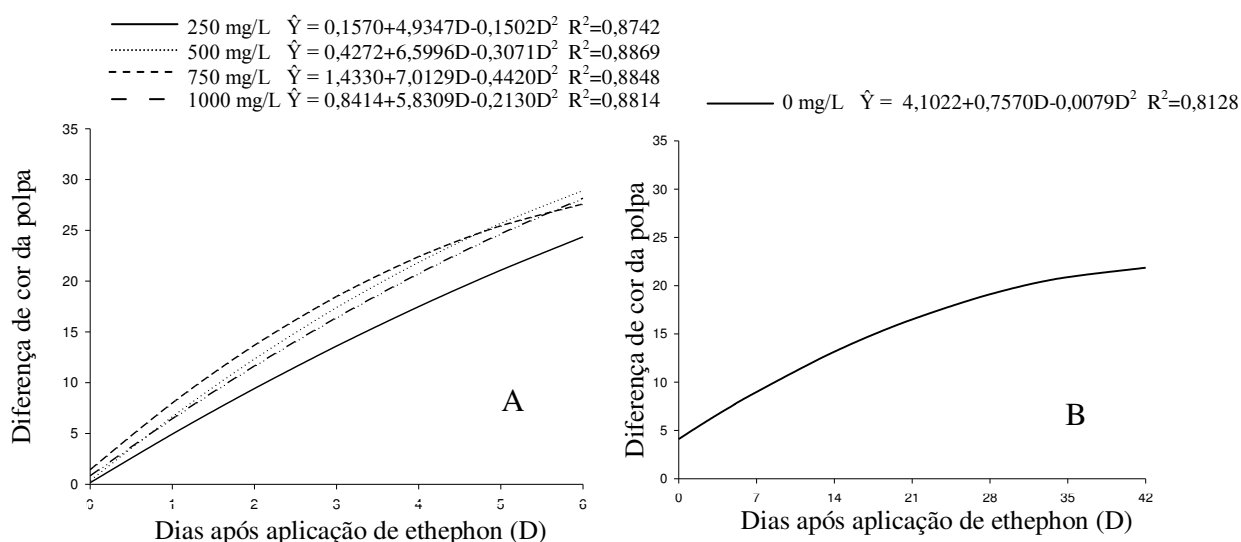
O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo nas parcelas as 5 doses de ethephon e nas subparcelas os dias de avaliação ou colheita, com 5 repetições de 5 frutos por unidade experimental. Os dados foram analisados por meio das análises de variância e regressão. Os modelos ajustados por meio de regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "t", de Student, no coeficiente de determinação e no potencial para explicar o fenômeno biológico. Independentemente da interação dose e dias ser ou não significativa, optou-se pelo seu desdobramento, dado o interesse em estudo. Os frutos analisados no dia da colheita e aqueles analisados após o completo amadurecimento passaram por análise estatística

distintas. O programa estatístico utilizado foi o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa, versão 9.1 (SAEG, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os frutos avaliados no mesmo dia da colheita, as médias dos valores da diferença de cor da polpa (ΔE) aumentaram mais lentamente nos não-tratados com ethephon (Figuras 1A e 1B). Os valores de ΔE aumentaram com o tempo para todos os tratamentos, indicando o amadurecimento das frutas ao longo dos dias após aplicação do ethephon. De acordo com Chitarra; Chitarra (2005), as modificações na coloração das frutas com o avanço do amadurecimento ocorrem devido à processos degradativos ou sintéticos, sendo utilizado como um dos principais critérios de julgamento para o amadurecimento de frutas. Frutos das plantas tratadas com 500 mg L^{-1} , no 6º DAAE atingiram valores de ΔE de 29,0, enquanto que, em frutos de plantas do tratamento controle, neste mesmo dia de avaliação, o valor de ΔE foi de apenas 8,4. Isto ocorreu porque os frutos não-tratados com ethephon não sofreram a indução artificial e, portanto, a síntese auto-catalítica do etileno ocorreu naturalmente (KADER, 1999).

Para frutos colhidos nos dias subsequentes à aplicação de ethephon e analisados após o amadurecimento completo (Figura 1C), as diferentes doses de ethephon não alteram a diferença de cor da polpa, independentemente do dia da colheita. Entretanto, quanto mais tardiamente os frutos foram colhidos, maiores foram os valores médios de ΔE , indicando que o aumento do período em contato com o etileno intensificou a coloração final da polpa.



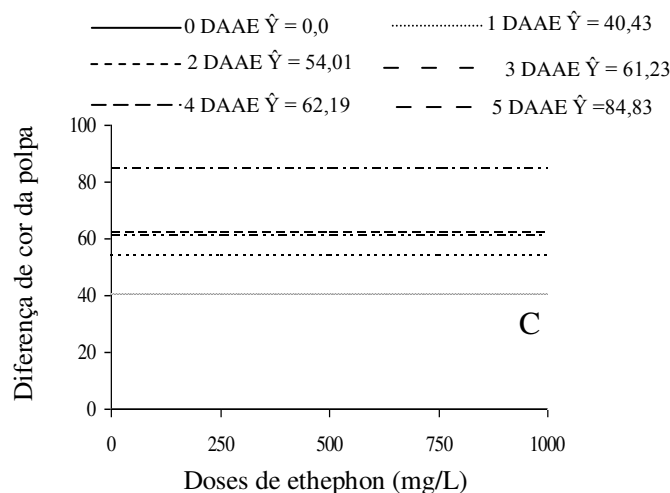


Figura 1. Diferença de cor da polpa da manga ‘Ubá’ em relação à cor no dia da aplicação de ethephon. A: frutos tratados com ethephon e analisados no dia da colheita. B: frutos não-tratados e analisados no dia da colheita. C: frutos colhidos nos dias subsequentes à aplicação de ethephon e analisados após o amadurecimento completo. DAAE: dias após a aplicação de ethephon.

A cor da polpa (h), medida na região central do fruto, próximo ao caroço, apresentava-se esverdeada no dia zero (dia da aplicação do ethephon), sendo que, a aplicação pré-colheita de ethephon resultou em frutos com coloração de polpa mais alaranjada. No sexto DAAE os frutos apresentaram valores de ângulo h° de 93,9; 73,29; 70,23; 69,07 e 71,81° para as doses 0, 250, 500, 750 e 1000 mg L^{-1} , respectivamente (Figuras 2A e 2B). Nos frutos não tratados (0 mg L^{-1}) a polpa ainda apresentava coloração esverdeada no sexto DAAE, enquanto que, para os demais tratamentos neste mesmo dia de avaliação a polpa já apresentava coloração amarelo-alaranjado, o que confirma o efeito do ethephon em antecipar a mudança e uniformizar a coloração da polpa da manga ‘Ubá’.

Para os frutos colhidos nos dias 0, 1, 4 e 5 após a aplicação de ethephon e analisados após o amadurecimento, o h da polpa não se alterou com o aumento das doses do produto (Figura 2C). Já para os frutos colhidos no 2º e 3º DAAE, ajustaram-se modelos quadráticos, com valores mínimos de h entre as doses de 500 e 750 mg L^{-1} . Por outro lado, observou-se que, em geral, quanto mais tardia foi a colheita, menor foi o valor do h, indicando que a maior permanência do fruto na planta após a aplicação do ethephon contribui para que este adquira coloração mais amarela ou alaranjada, o que é essencial para a indústria e para o consumo ao natural.

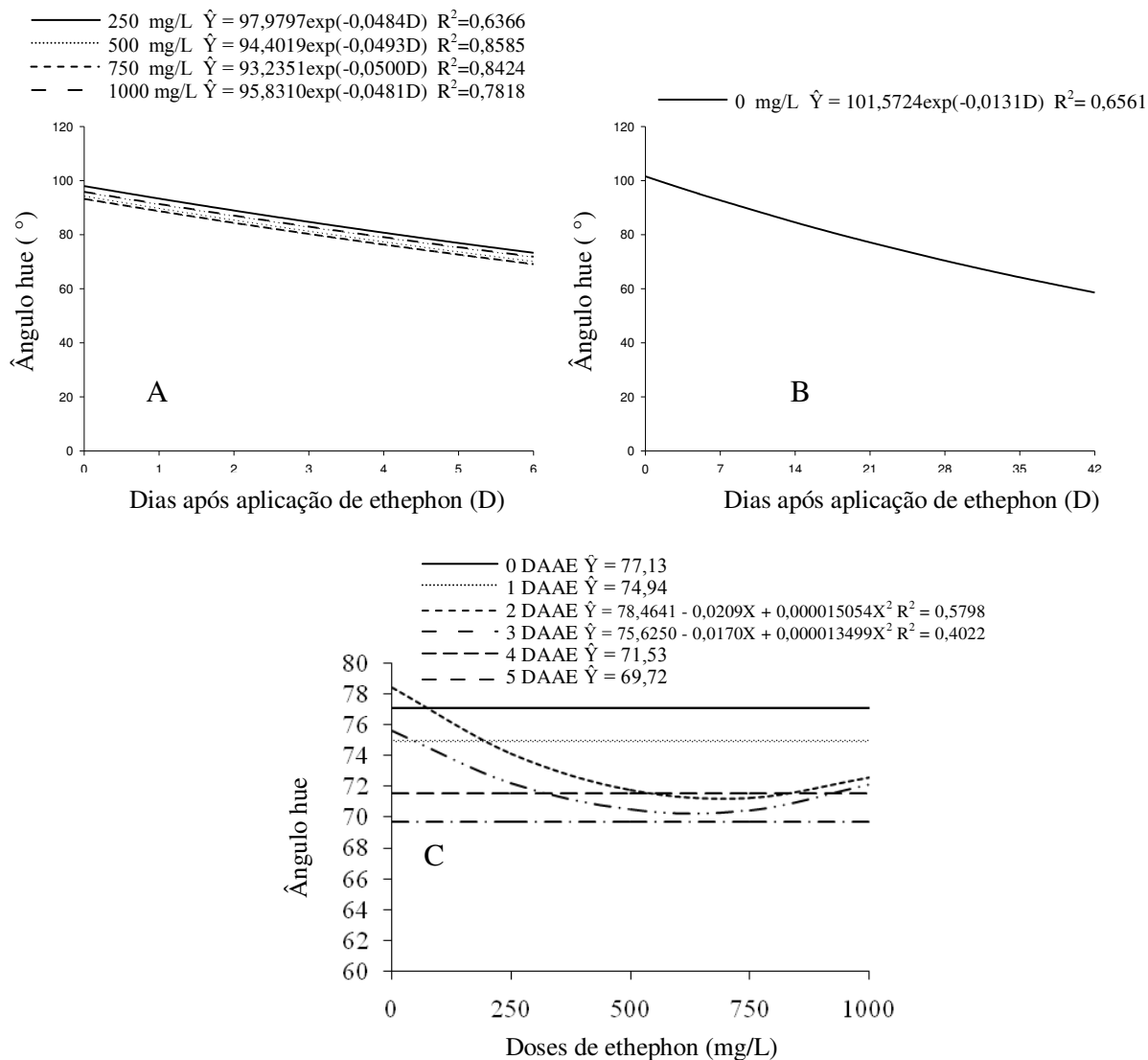


Figura 2. Ângulo hue da polpa da manga ‘Ubá’ nos dias após a aplicação de ethephon. A: frutos tratados com ethephon e analisados no dia da colheita. B: frutos não-tratados e analisados no dia da colheita. C: frutos colhidos nos dias subsequentes à aplicação de ethephon e analisados após o amadurecimento completo. DAAE: dias após a aplicação de ethephon.

Quando foram analisados no mesmo dia da colheita, observou-se que os frutos das plantas tratadas apresentaram redução brusca na consistência da polpa já no primeiro dia após a aplicação do ethephon, chegando no sexto DAAE aos valores de 788,5; 400,8; 324,3 e 442,0 kPa para as doses 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹, respectivamente (Figura 3A). Para frutos do tratamento 0 mg L⁻¹, a consistência chegou a 1178,2 kPa somente 41 DAAE (Figura 3B). Brackmann et al. (2007) também observaram que, em pêsego ‘Eldorado’ tratados com ethephon na pré-colheita, a consistência da polpa foi significativamente menor. Seibert et al. (2000) trabalhando com Pêra ‘Packham’s Triumph’ tratadas em pré-colheita com 0; 12,5; 25; 50 e 100 mg

L⁻¹ de ethephon, observaram que quanto a maior a dose de ethephon menor foi a firmeza dos frutos.

Para os frutos colhidos e avaliados após o completo amadurecimento, a consistência da polpa (Figura 3C) não foi alterada pelas doses de ethephon, independentemente dos dias de coleta. Observou-se que, quanto mais tardia foi a colheita dos frutos, menor foi a consistência apresentada após o completo amadurecimento (Figura 3C), indicando que frutos colhidos mais tardiamente tornaram mais macios quando completamente maduros.

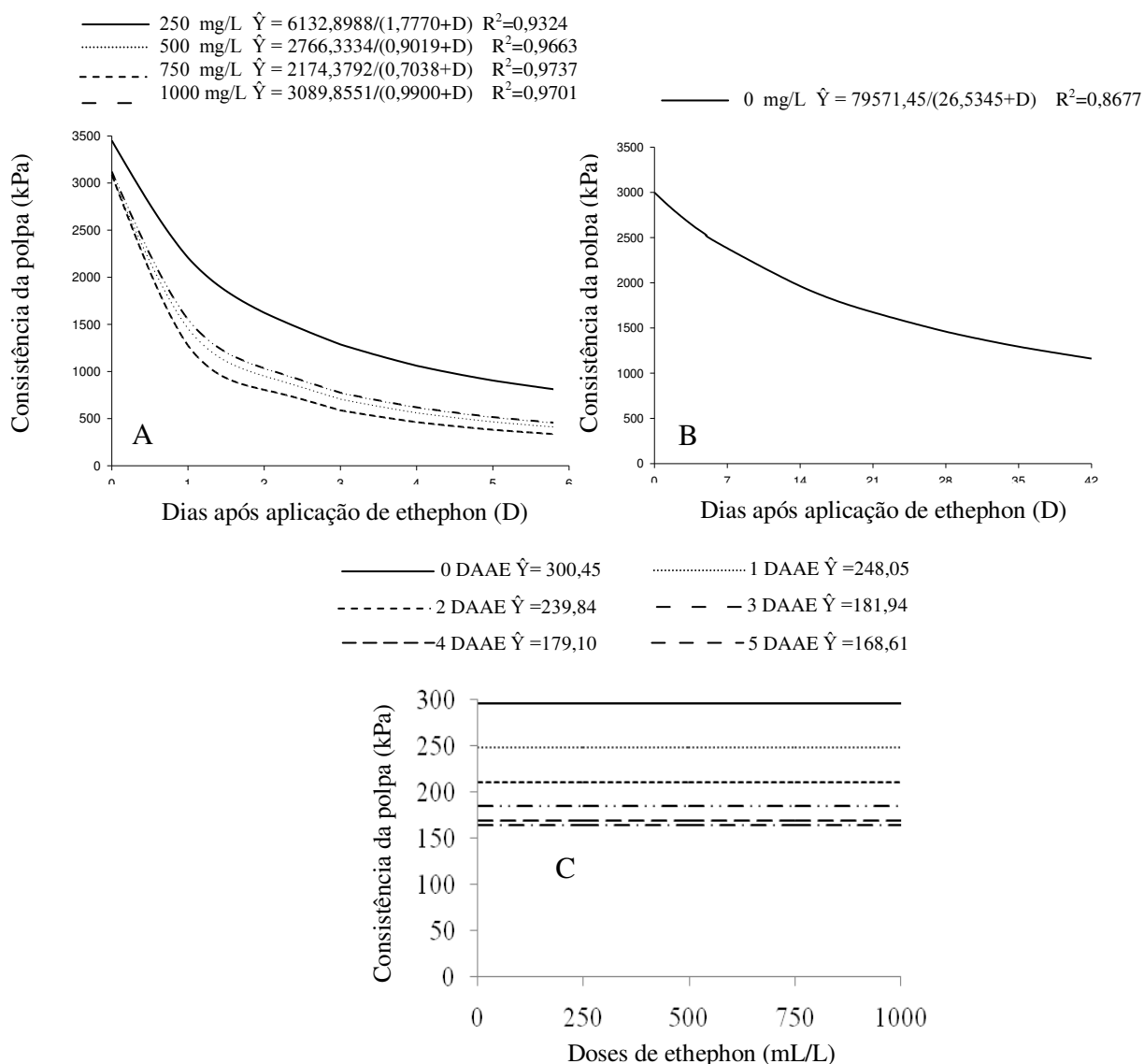


Figura 3. Consistência da polpa da manga ‘Ubá’ nos dias após a aplicação de ethephon. A: frutos tratados com ethephon e analisados no dia da colheita. B: frutos não-tratados e analisados no dia da colheita. C: frutos colhidos nos dias subsequentes à aplicação de

ethephon e analisados após o amadurecimento completo. DAAE: dias após a aplicação de ethephon.

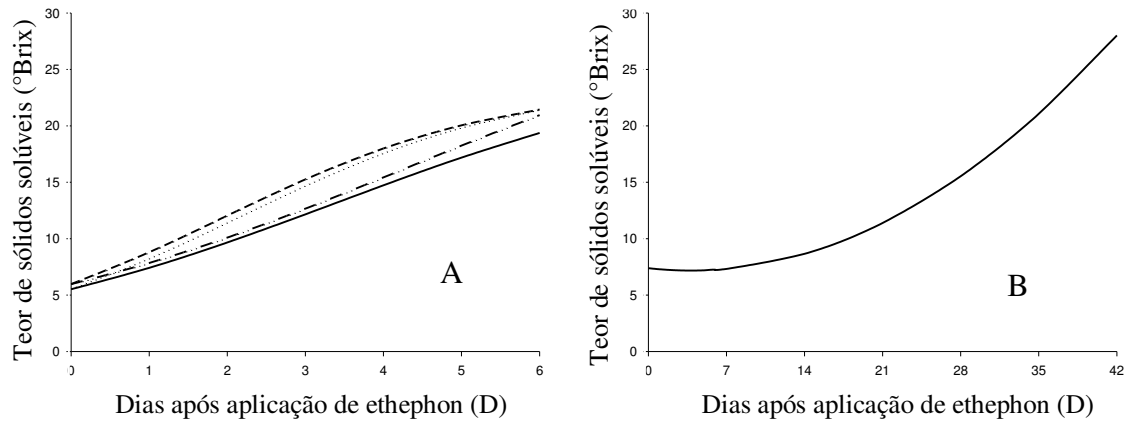
Nos frutos tratados com ethephon e analisados no dia da colheita, os teores de sólidos solúveis foram superiores a 18°Brix no sexto DAAE (Figura 4 A). Os teores de SS foram maiores nos frutos que receberam doses 500 e 750 mg L⁻¹, atingindo aproximadamente 22°Brix. Observou-se também, que os maiores acréscimos no teor de sólidos solúveis dos frutos tratados com ethephon ocorreram entre o 2^o e o 3^o dias após o tratamento. Isso evidencia o efeito do ethephon em antecipar o amadurecimento de frutos de manga ‘Ubá’ sem prejudicar a qualidade pós-colheita (Figura 4A). Nos frutos tratados com 1000 mg L⁻¹ (Figura 4B), o teor de sólidos solúveis foi constantemente inferior ao daqueles tratados com as doses 500 e 750 mg L⁻¹. Aparentemente, frutos tratados com 1000 mg L⁻¹ apresentaram amadurecimento acelerado, como observado nas características de consistência, ângulo Hue e diferença de cor da polpa, não permitindo a conversão total do amido a açúcares solúveis.

Nos frutos obtidos das plantas do tratamento controle, o teor de sólidos solúveis foi de apenas 7,1°Brix no sexto DAAE, atingindo valores superiores a 18°Brix somente a partir do 27^o DAAE. Esses resultados demonstraram que existe possibilidade de escalonamento da colheita de manga com o uso de ethephon, visando atender a demanda da indústria de sucos. De forma mais limitada em relação à extensão do período de safra, o ethephon foi utilizado na pós-colheita, a exemplo da ‘Keitt’, onde os frutos tratados com 1.000 mg L⁻¹ de Ethrel tiveram o seu amadurecimento antecipado em relação aos frutos controle (CONEGLIAN; RODRIGUES 1993).

Quando os frutos foram colhidos nos dias 0, 1 e 2 após a aplicação de ethephon e analisados após amadurecimento, o teor de sólidos solúveis não foi alterado pelas doses de ethephon (Figura 4C). Nos três casos, o teor de sólidos solúveis atingido ao final do amadurecimento foi baixo, variando de 13,49 a 16,25° brix. Para as coletas dos dias 3, 4 e 5, o efeito foi quadrático com teor de sólidos solúveis máximo entre as doses de 500 e 750 mg L⁻¹. Para frutos colhidos nos 3 e 4 DAAE, o teor de sólidos solúveis superou 18° Brix nas doses de 500, 750 e 1000 mg L⁻¹. Para frutos colhidos no 5^o DAAE, o teor de sólidos solúveis superou 18 °Brix para todas as doses, com exceção de 0 mg L⁻¹.

— 250 mg/L $\hat{Y} = 26,4042/(1+\exp(-(D-3,4059)/2,5585))$ $R^2=0,9988$
 500 mg/L $\hat{Y} = 24,0426/(1+\exp(-(D-2,1715)/1,8153))$ $R^2=0,9969$
 - - - 750 mg/L $\hat{Y} = 23,6349/(1+\exp(-(D-1,9310)/1,7829))$ $R^2=0,9971$
 - - - 1000 mg/L $\hat{Y} = 32,5985/(1+\exp(-(D-4,3081)/2,8795))$ $R^2=0,9994$

— 0 mg/L $\hat{Y} = 7,3846-0,1095D+0,0143D^2$ $R^2 = 0,8218$



— Dia 0 $\hat{Y} = 13,49$
 Dia 1 $\hat{Y} = 14,99$
 - - - Dia 2 $\hat{Y} = 16,25$
 - - - Dia 3 $\hat{Y} = 13,2031 + 0,0163X - 0,000011278X^2$ $R^2 = 0,5681$
 - - - Dia 4 $\hat{Y} = 13,3074 + 0,0172X - 0,000013989X^2$ $R^2 = 0,5688$
 - - - Dia 5 $\hat{Y} = 15,3577 + 0,0197X - 0,000015090X^2$ $R^2 = 0,6670$

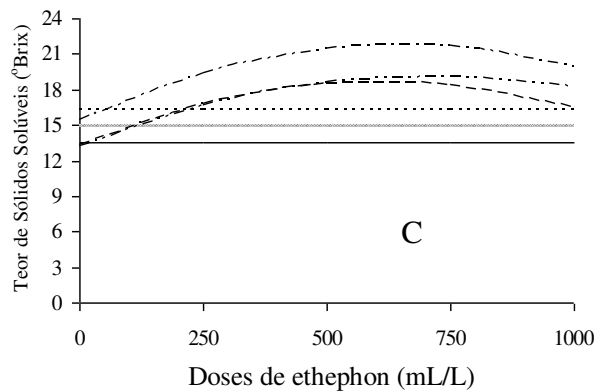


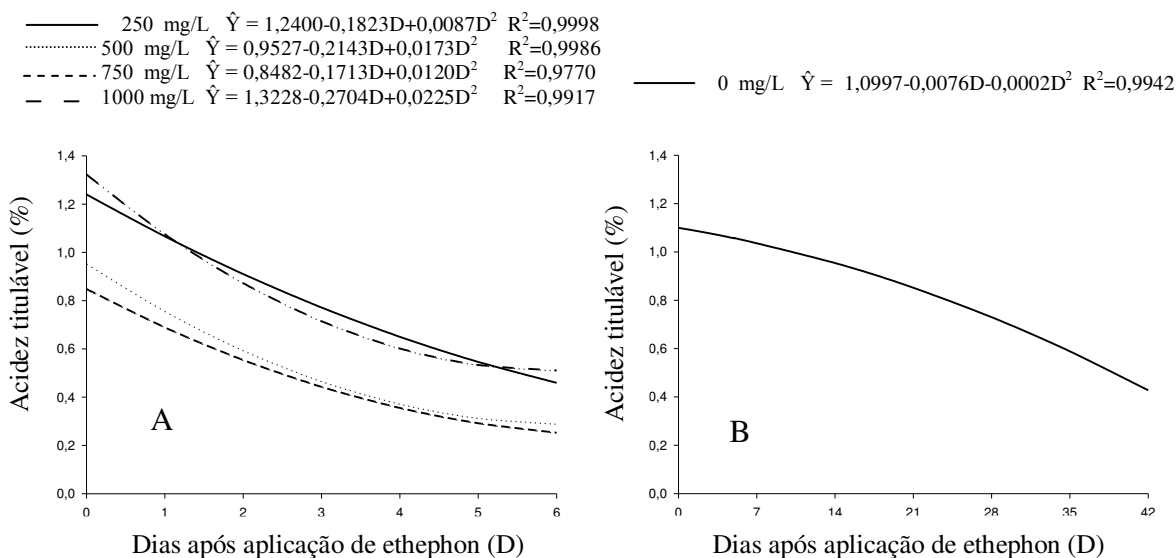
Figura 4. Teor de sólidos solúveis da polpa da manga ‘Ubá’ nos dias após a aplicação de ethephon. A: frutos tratados com ethephon e analisados no dia da colheita. B: frutos não-tratados e analisados no dia da colheita. C: frutos colhidos nos dias subsequentes à aplicação de ethephon e analisados após o amadurecimento completo. DAAE: dias após a aplicação de ethephon.

A acidez titulável ajustou-se ao modelo quadrático para todas as doses avaliadas (Figura 5A e 5B), no caso da avaliação dos frutos logo após a colheita. A antecipação na queda dos teores de ácidos orgânicos foi mais rápida nos frutos obtidos de plantas pulverizadas com ethephon. Para a dose de 1000 mg L⁻¹, os teores de acidez titulável foram mais elevados que para as doses de 500 e 750 mg L⁻¹. De acordo com Palaniswamy et al. (1974), o decréscimo do ácido contido em grande quantidade em mangas verdes, dá-se de modo muito lento, podendo ocorrer prejuízos no momento da colheita, já que em alguns casos, o fruto apresenta-se completamente amarelado, porém

ainda com polpa ácida. Portanto, as doses de 500 e 750 mg L⁻¹ foram mais efetivas em promover o completo amadurecimento dos frutos.

Quando os frutos foram colhidos e analisados após o amadurecimento, a acidez titulável não foi influenciada pelas doses de ethephon nas coletas dos dias 0, 1, 2, 3 e 4, sendo que, quanto mais tardiamente foram colhidos, menor foi a acidez titulável. Por outro lado, os frutos colhidos no quinto DAAE apresentaram menor acidez titulável entre as doses de 500 e 750 mg L⁻¹ (Figura 5C), mais uma vez evidenciando a efetividade dessas doses na promoção do amadurecimento.

Notou-se que, para a dose de 1000 mg L⁻¹, os teores de sólidos solúveis foram menores (Figura 3A) e a acidez titulável (Figura 5A) foi maior quando comparado com as doses 500 e 750 mg L⁻¹. Estes resultados poderiam justificar um amadurecimento desuniforme e irregular, indicando ser essa dose excessiva. Também foi observada grande abscisão de folhas e frutos nas plantas tratadas com 1000 mg L⁻¹ (dados não apresentados). Esta abscisão pode ser explicada, pois altas doses de ethephon podem ser o principal responsável pela aceleração da abscisão, já ele se acumula nos espaços de ar entre o receptáculo e o fruto, onde pode coordenar a taxa de abscisão nas múltiplas zonas (CHITARRA; CHITARRA 2005). Brackmann et al. (2007), também observaram que a aplicação de ethephon (140g ha⁻¹) provocou queda antecipada de pêssegos ‘Eldorado’.



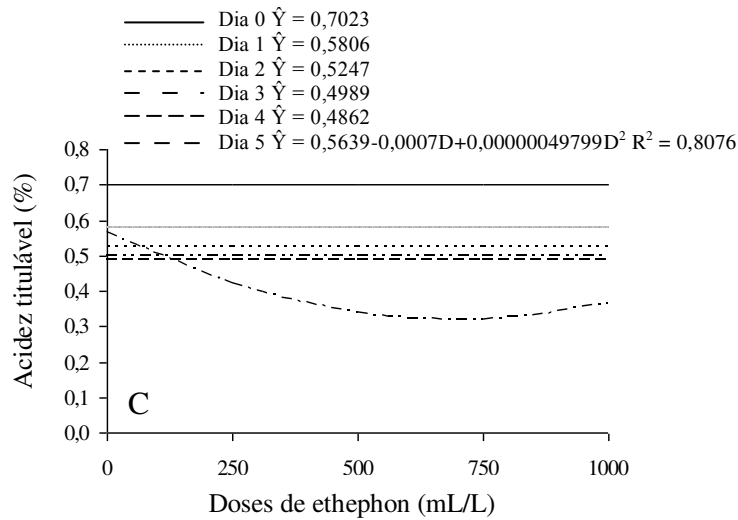


Figura 5. Acidez titulável da polpa da manga ‘Ubá’ nos dias após a aplicação de ethephon. A: frutos tratados com ethephon e analisados no dia da colheita. B: frutos não-tratados e analisados no dia da colheita. C: frutos colhidos nos dias subsequentes à aplicação de ethephon e analisados após o amadurecimento completo. DAAE: dias após a aplicação de ethephon.

A relação sólidos solúveis/ acidez titulável ajustou-se a modelos quadráticos para todas as doses avaliadas (Figura 6A e 6B), no caso da avaliação dos frutos logo após a colheita. Nos frutos tratados, no 5º dia, a relação foi 35,19; 54,81; 52,79 e 50,31 para as doses 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹, respectivamente, enquanto nos frutos não-tratados o ratio era de apenas 5,82 nesse mesmo dia.

A relação entre °Brix e acidez titulável (Figura 6C) apresentou comportamento semelhante ao da variável sólidos solúveis para frutos analisados após o completo amadurecimento (Figura 4C). A maior relação SS/AT foi observada nos frutos completamente maduros da colheita do dia 5, visto que, para este dia, os frutos apresentaram o maior teor de sólidos solúveis (Figura 4C) e menor acidez titulável (Figura 5C), sendo as doses de 500 a 750 mg L⁻¹ de ethephon as que proporcionaram maior relação SS/AT.

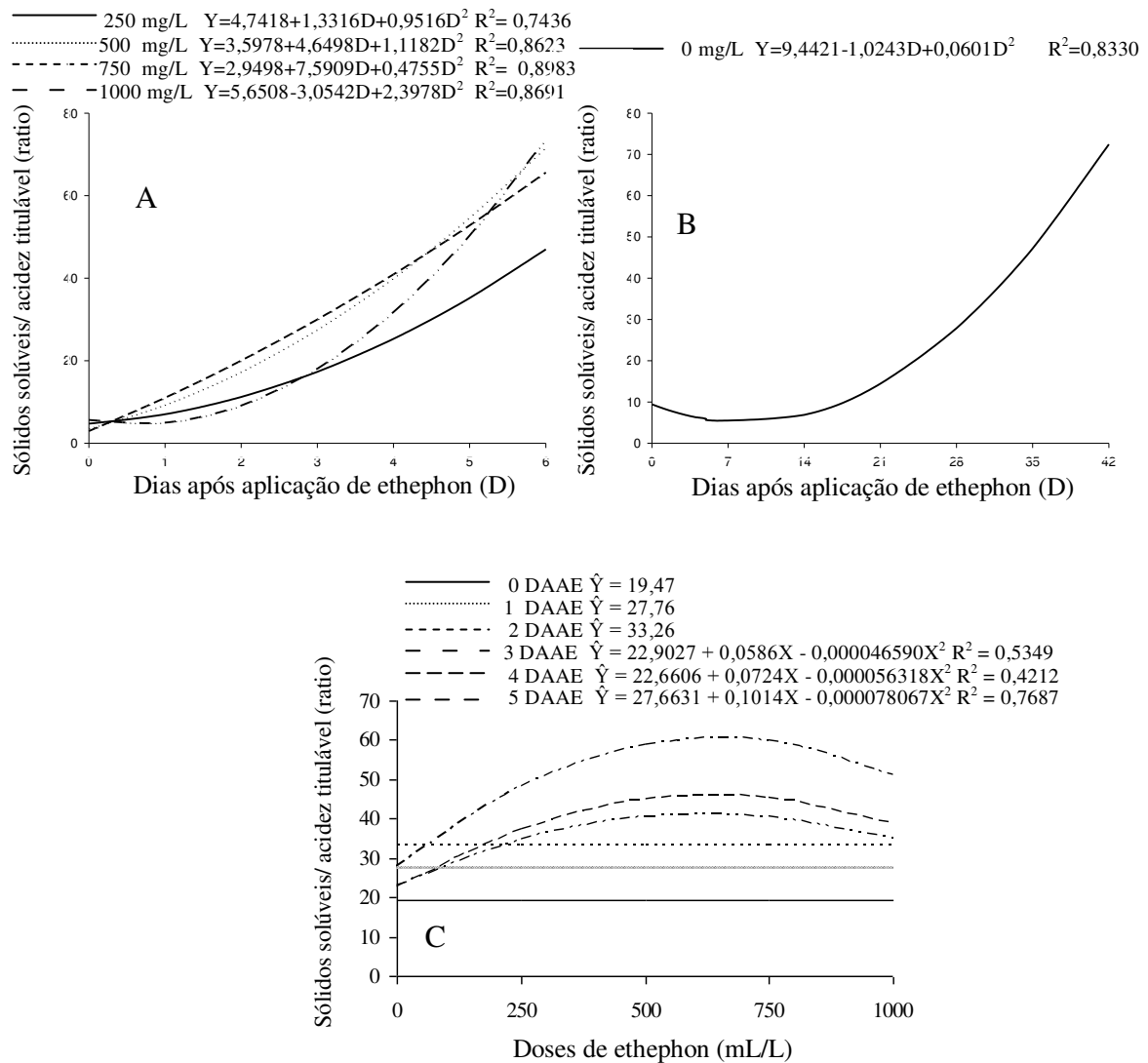


Figura 6. Relação sólidos solúveis/ acidez titulável (ratio) da polpa da manga ‘Ubá’ nos dias após a aplicação de ethephon. A: frutos tratados com ethephon e analisados no dia da colheita. B: frutos não-tratados e analisados no dia da colheita. C: frutos colhidos nos dias subsequentes à aplicação de ethephon e analisados após o amadurecimento completo. DAAE: dias após a aplicação de ethephon.

Também nota-se que, quanto mais se retardou a colheita, menor foi o tempo necessário para que os frutos completassem o amadurecimento, independentemente da dose (Tabela 1). Neste sentido, a dose de 750 mg L⁻¹ foi a que se mostrou mais efetiva em acelerar o amadurecimento, antecipando-o em 36 dias, em comparação com a dose 0 mg L⁻¹. Frutos colhidos no 3^o DAAE (05/12/2007) e armazenados em câmara fria, atingiram o completo amadurecimento com 12, 7, 6, 4 e 6 dias para as doses de 0, 250, 500, 750 e 1000 mg L⁻¹, respectivamente. Considerando-se a dose de 750 mg L⁻¹, o amadurecimento em quatro dias corresponde ao mesmo tempo despendido quando o tratamento com ethephon, carbureto de cálcio ou etileno ocorre na pós-colheita dos

frutos. Portanto, torna-se evidente que o ethephon aplicado em pré-colheita também dispensa a aplicação tradicional feita na pós-colheita.

Tabela 1: Tempo (dias) necessário para que frutos tratados ou não-tratados com ethephon atingissem o completo amadurecimento após a colheita

Colheita	DAAE ²	Doses de ethephon (mg L ⁻¹)				
		0	250	500	750	1000
02/12/2007 ¹	0	12	-	-	-	-
03/12/2007	1	12	8	7	5	8
04/12/2007	2	12	8	7	4	7
05/12/2007	3	12	7	6	4	6
06/12/2007	4	12	5	5	3	5
07/12/2007	5	11	5	4	2	4
08/12/2007	6	11	-	-	-	-
13/12/2007	14	11	-	-	-	-
18/12/2007	21	6	-	-	-	-
27/12/2007	28	5	-	-	-	-
03/01/2008	35	3	-	-	-	-
10/01/2008	42	0	-	-	-	-

¹Data da pulverização com ethephon, correspondente à 17 semana após a antese.

²Dias após a aplicação de ethephon.

A avaliação do conjunto dos resultados apresentados permite indicar a aplicação da dose de 750 mg L⁻¹, seguido da colheita dos frutos 3 dias depois. Procedendo-se dessa forma não se observou abscisão de folhas ou frutos, ou qualquer outro sintoma depreciativo nas mangueiras. Por outro lado, observou-se a antecipação e a uniformização do amadurecimento dos frutos, possibilitando uma única colheita por árvore. Também se observou que os frutos adquirem, ao completar o amadurecimento, características físicas e químicas semelhantes às daqueles amadurecidos naturalmente na árvore. Ao ser gerado no interior dos tecidos, o etileno ainda induziu a formação de camada de abscisão, facilitando o procedimento da colheita da manga, para a indústria.

Finalmente, a aplicação pré-colheita do ethephon dispensou a climatização pós-colheita da manga 'Ubá', procedimento que, pela precariedade com que é geralmente executado, é umas das principais causa de perdas da fruta. Isso possibilita, ainda, redução nos custos de produção ao dispensar a construção de câmaras de climatização.

4. CONCLUSÕES

1. O uso do ethephon em pré-colheita antecipa a colheita de manga 'Ubá' em até 36 dias, além de uniformizar o amadurecimento dos frutos na planta.

2. Após a aplicação do ethephon, quanto mais tardia a colheita, mais rapidamente completa-se o amadurecimento e melhor é a qualidade final do fruto. A dose de 750 mg L⁻¹ de ethephon em pré-colheita é a que proporciona frutos de melhor qualidade.

3. Frutos tratados com ethephon nas doses de 500 e 750 mg L⁻¹ e colhidos a partir do terceiro DAAE adquirem ótima qualidade final e dispensam a climatização pós-colheita.

CAPÍTULO 3

AMADURECIMENTO DE MANGA 'UBÁ' COM ETILENO E CARBURETO DE CÁLCIO NA PÓS-COLHEITA

RESUMO

Visando a antecipação e uniformização do amadurecimento pós-colheita de manga 'Ubá', conduziu-se o presente trabalho em condições de refrigeração. Mangas fisiologicamente maduras, mas com as cascas verdes, foram colhidas no pomar experimental da UFV em Visconde do Rio Branco, MG. Frutos com massa média de $133,85 \pm 1,89$ g foram submetidos a diferentes doses de carbureto de cálcio (0, 20, 40, 80 e 160 g/m³ de câmara) e etileno (0, 50, 100, 200 e 400 mL/ m³ de câmara) durante 24 h de exposição, em câmaras frias ($18,1 \pm 0,71$ °C e $90 \pm 3\%$ de UR), onde permaneceram até o completo amadurecimento. A unidade experimental constituiu-se de três frutos, com três repetições, em delineamento inteiramente casualizado. As maiores perdas de massa fresca foram registradas entre 8,8% (20 e 160 g/ m³ de CaC₂) a 9% (50 mL/ m³ de etileno) no 15º dia de armazenamento. Nos frutos tratados com carbureto de cálcio, o pico respiratório ocorreu aos 3, 6, 9, 9 e 12 dias de armazenamento para as doses 160, 80, 40, 20 e 0 g/ m³, respectivamente. Nos frutos tratados com etileno, o pico climatérico respiratório foi registrado aos 3, 3, 6, 6 e 12 dias de armazenamento para as doses 400, 200, 100, 50 e 0 mL/ m³, respectivamente. Em relação ao ângulo hue da casca, a mudança de cor foi mais acelerada para frutos tratados com carbureto de cálcio, em relação aos frutos tratados com etileno. Nos frutos tratados com etileno, a queda da firmeza foi mais brusca em relação aos tratados com CaC₂. No entanto, o extravasamento de solutos foi maior para frutos tratados com CaC₂. O teor de sólidos solúveis foi crescente durante todo o período de avaliação, sendo que, quanto maior da dose de carbureto de cálcio ou etileno, mais elevado foi o teor de SS. Ocorreu a antecipação e uniformização do amadurecimento de manga 'Ubá' para todas as doses de carbureto de cálcio ou de etileno testadas. Mesmo as menores doses de carbureto (20 g/m³) e etileno (50 mL/m³) foram eficientes em antecipar o amadurecimento de manga 'Ubá'.

1. INTRODUÇÃO

A mangueira é uma espécie de clima tropical, originária do sul da Ásia, tendo-se disseminado por vários países climaticamente favoráveis ao seu desenvolvimento. Do conjunto de frutas tropicais atualmente comercializadas, a manga é uma das mais populares do mundo, em virtude do seu amplo consumo nos países asiáticos e da América Latina (NETO et al., 2003). É uma fruta de aroma e cor muito agradáveis que faz parte do elenco das frutas tropicais de importância econômica, não apenas pela aparência exótica, mas também por ser rica em carotenóides, minerais e carboidratos (FARAONI, 2006).

A manga caracteriza-se como fruto climatérico que sofre um incremento na respiração e na produção de etileno quando exposta a uma aplicação exógena de etileno (KAYS, 1991). Esse fitorregulador antecipa significativamente o tempo requerido para o pico climatérico, principalmente quando aplicado antes dessa fase. O efeito do etileno produzido naturalmente pelas plantas pode ser substituído pelo suprimento exógeno para iniciar a respiração climatérica e desencadear o amadurecimento (KAYS, 1991; WILLS et al., 2001), já que ambos induzem o processo de autocatálise da síntese deste fitorregulador pelos frutos.

O etileno exógeno é efetivo em induzir o climatério quando aplicado no estágio pré-climatérico do fruto, ou seja, antes do início da produção autocatalítica de etileno. Além do etileno, outros compostos chamados de análogos do etileno podem ser utilizados para acelerar o amadurecimento em frutos, como propileno, acetileno, monóxido de carbono e 1-buteno (ABELES et al., 1992).

A aplicação de etileno exógeno resulta na antecipação e uniformização do amadurecimento e na melhoria da coloração externa de diversos frutos (STEFFENS et al., 2006). Comercialmente, é bastante difundido o uso do etileno gasoso na indução do amadurecimento ou climatização de frutos, o qual é adquirido na forma de gás comprimido, em mistura com nitrogênio. A climatização também pode ser feita com acetileno, um análogo do etileno gerado a partir da queima do carbureto de cálcio (CaC_2), e que vem sendo utilizado por pequenos e médios produtores rurais como alternativa ao etileno gasoso.

A climatização de frutos através da aplicação do acetileno, pode ser obtida a custo acessível através da reação de carbureto de cálcio com água (Marriot, 1980) ou mesmo deixando-o reagir com o vapor de água liberado pelas frutas (Reid, 1992) e/ou

com a umidade do ar atmosférico (LOESECKE, 1950). Para bananas, recomenda-se que se trabalhe com uma concentração de 0,1% de acetileno, para o que são necessários reagir 2,66 gramas de CaC_2 com o dobro de água, para ocorrer a liberação de gás suficiente para induzir a maturação de frutas, por metro cúbico de câmara totalmente vedada (MOREIRA, 1987). Por outro lado, Rigitano (1965) recomenda o uso de carbureto de cálcio na dose de 200 a 400 g/m^3 de câmara para caquis. Essa divergência aponta para a necessidade de estudos científicos visando determinar as condições ideais de uso de carbureto de cálcio para cada espécie e cultivar.

A dose a ser utilizada está diretamente relacionada ao volume da câmara de maturação, à espécie, ao volume de frutos e ao limite de segurança de acúmulo de gases para minimizar o perigo de explosão (MARRIOT, 1980). No entanto, os produtores, por não terem acesso a um protocolo básico para climatização, adicionam quantidades supraótimas de CaC_2 , que, além de aumentar o custo de operação e o perigo de explosões (Moreira, 1987), resultam na obtenção de frutos de curta vida útil pós-colheita (Reid, 1992), elevando as perdas e limitando a comercialização.

O etileno também pode ser gerado pela decomposição de ácido-2-cloroetilfosfônico (ethephon). Em mangas ‘Ubá’ tratadas com 1000 mg.L^{-1} ethephon, as transições de cor da casca e da polpa foram uniformizadas e antecipadas, em relação às dos frutos não-tratados (MORAES, 1988).

Mangas ‘Keitt’ colhidas em estágio pré-climatérico receberam tratamento com 0, 500 e 1000 mg.L^{-1} de ethrel (produto comercial) após a colheita e, posteriormente, foram armazenados a 28°C e analisadas nos tempos 0, 3, 6, 9 e 16 dias. A aplicação de ethrel antecipou o amadurecimento dos frutos e não interferiu nas características de qualidade dos frutos (CONEGLIAN; RODRIGUES, 1993).

Braz et al. (2008) estudaram a indução do amadurecimento de manga ‘Ubá’ e ‘Tommy Atkins’ com a aplicação pós-colheita de ethephon na dose de 1000 mg.L^{-1} , mantidas a temperatura ambiente. Os frutos foram avaliados aos 3, 6, 9 e 12 dias após a colheita. A aplicação de ethephon foi eficiente em acelerar o amadurecimento e contribuiu para a obtenção de características desejáveis de consumo após 3 dias de armazenamento.

Foi estudado o efeito do carbureto de cálcio e ethephon nas variedades de manga ‘Nam Dokmai’, ‘Kaew’, e ‘Chok Anan’ na Índia. A dose aplicada de carbureto de cálcio foi 10 $\text{g CaC}_2/\text{kg}$ de frutos e a de ethephon, 200 mg.L^{-1} durante 18 horas de exposição em câmaras de alvenaria. Os frutos foram armazenados a $24\pm 2^\circ\text{C}$ e $33\pm 2^\circ\text{C}$

durante 7 dias. O carbureto de cálcio e o ethephon anteciparam as mudanças e uniformizaram as características de cor da casca e da polpa, o teor de sólidos solúveis e a firmeza da polpa. No entanto, o efeito do ethephon foi menos evidente em relação ao carbureto de cálcio (ZEITSCHRIFTEN, 2009).

Estudos sobre a antecipação do amadurecimento de frutos de manga 'Rataul' foram realizados com 500, 1000 e 1500 mg.L⁻¹ de ethephon e 25 g de carbureto de cálcio /10 kg de fruto durante 24 horas de exposição em câmaras de alvenaria (PAL, 1998). Observou-se que, em frutos tratados com carbureto de cálcio, o início do amadurecimento foi mais rápido em relação ao ethephon, porém o uso de 1000 mg.L⁻¹ de ethephon resultou em melhor qualidade sensorial para consumo *in natura*. Valores de firmeza da polpa de 4 a 6 N foram indicados como mais aceitáveis pela avaliação sensorial. Frutos tratados com ethephon tiveram a maior perda de peso de massa fresca em relação aos frutos tratados com carbureto de cálcio e do tratamento controle. Frutos tratados com carbureto de cálcio tiveram maior percentual de apodrecimento e menor teor de vitamina C ao final do período avaliado.

Diante do exposto, a resposta dos frutos ao tratamento com etileno e seus análogos depende da sensibilidade do tecido, da concentração utilizada, da composição da atmosfera, do tempo de exposição, da temperatura e da espécie ou cultivar. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos de diferentes doses de etileno gasoso e carbureto de cálcio na antecipação e uniformização do amadurecimento na pós-colheita de manga 'Ubá'.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de mangueira ‘Ubá’ fisiologicamente maduros (com a polpa ao redor da semente de coloração amarela) foram colhidos em 11 de dezembro de 2008, na 18ª semana após a antese em pomar com cerca de 30 anos de idade, na Fazenda Experimental Sementeira, localizada em Visconde do Rio Branco, MG (latitude de 21°00’37”S, longitude de 42°50’26”O e altitude de 352m), pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). Após a colheita, os frutos foram transportados em caixas plásticas para o Laboratório de Análise de Frutas do Setor de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia da UFV.

No laboratório, foi efetuada a seleção e padronização dos frutos, lavagem em solução aquosa de detergente 0,2% e tratamento com solução de fungicida Prochloraz (Sportak 450 CE, da empresa Hoechst Schering AgrEvo UK Ltd. - Inglaterra), na dose de 49,5 g/100 L de água, por 5 min, e secagem ao ar. Posteriormente, os frutos com massa de $133,85 \pm 1,89$ g foram submetidos aos tratamentos com etileno gasoso e carbureto de cálcio (CaC_2). Parte dos frutos foi tratada com carbureto de cálcio nas doses de 0, 20, 40, 80 e 160 g/m^3 de câmara durante 24 h de exposição; a outra parte dos frutos foi tratada com etileno gasoso nas concentrações de 0, 50, 100, 200 e 400 mL/m^3 durante 24 h de exposição. O CaC_2 foi dissolvido em água, com massa equivalente a duas vezes a massa do produto, visando à completa liberação de acetileno. Para o tratamento os frutos foram acondicionados em caixas plásticas de 32,25 L recobertas com filme de polietileno de baixa densidade (89 cm altura x 59 cm de largura e 30 μm de espessura) e mantidos em câmara fria a $18,1 \pm 0,71^\circ\text{C}$. Decorridas as 24 horas de exposição aos produtos, os filmes de polietileno foram removidos, as câmaras frias passaram por renovação de sua atmosfera interna e os frutos foram novamente armazenados a $18,1 \pm 0,71^\circ\text{C}$ e analisados nos tempos 0, 1, 3, 6, 9, 12 e 15 dias.

Os experimentos foram instalados segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as concentrações (5 níveis) e nas subparcelas os dias de avaliação (7 níveis) no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e três frutos por unidade experimental, sendo 315 frutos por produto testado, totalizando 630 frutos.

Os frutos foram submetidos às seguintes análises: produção de CO_2 , perda de massa fresca, coloração da casca e da polpa, consistência da polpa, extravasamento de

solutos, acidez titulável, vitamina C, teor de sólidos solúveis e carotenóides da polpa. As metodologias de análise são as mesmas descritas no capítulo 1.

Para a análise dos dados das variáveis foi feito o desdobramento das interações independentemente da interação ser significativa ou não, e as médias dos fatores foram submetidas à análise de regressão. A escolha das equações foi feita baseando-se na significância dos coeficientes de regressão pelo teste “t” (Student), no coeficiente de determinação (R^2) e no potencial para explicar o fenômeno biológico. O programa estatístico utilizado foi o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa, versão 9.1 (SAEG, 2007). A comparação entre os produtos foi descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de CO₂

Em frutos tratados com carbureto de cálcio, o pico respiratório ocorreu aos 3, 6, 9, 9 e 12 dias de armazenamento para as doses 160, 80, 40, 20 e 0 g/m³ respectivamente (Figura 1 A). Nos frutos tratados com etileno, o pico respiratório foi registrado aos 3, 3, 6, 6 e 12 dias de armazenamento para as doses 400, 200, 100, 50 e 0 mL/m³ respectivamente (Figura 1 B). Os maiores picos foram observados para frutos tratados com 400 mL/m³ de etileno (243,08 mg.kg⁻¹.h⁻¹) e com 160 g/m³ de carbureto de cálcio (212,77 mg.kg⁻¹.h⁻¹). Isso indica que o etileno nas doses de 200 e 400 mL/m³ e o CaC₂ na dose de 160 g/m³ foram mais eficazes na antecipação do climatério. Para ambos os produtos, doses mais elevadas ampliaram a diferença de produção de CO₂ entre o mínimo e o máximo climatérico. Maiores doses podem ter sido mais eficientes, possivelmente pela maior difusão do produto para o interior dos tecidos.

De acordo com figura 1, é possível observar que a taxa respiratória em manga é do tipo ascensão temporária, pois esta aumenta temporariamente e o completo amadurecimento só ocorreu após o pico respiratório. O pico de respiração, designado como máximo climatérico, foi seguido por um período de declínio na atividade, designado como estágio pós-climatérico, de acordo com descrição de KAYS (1991).

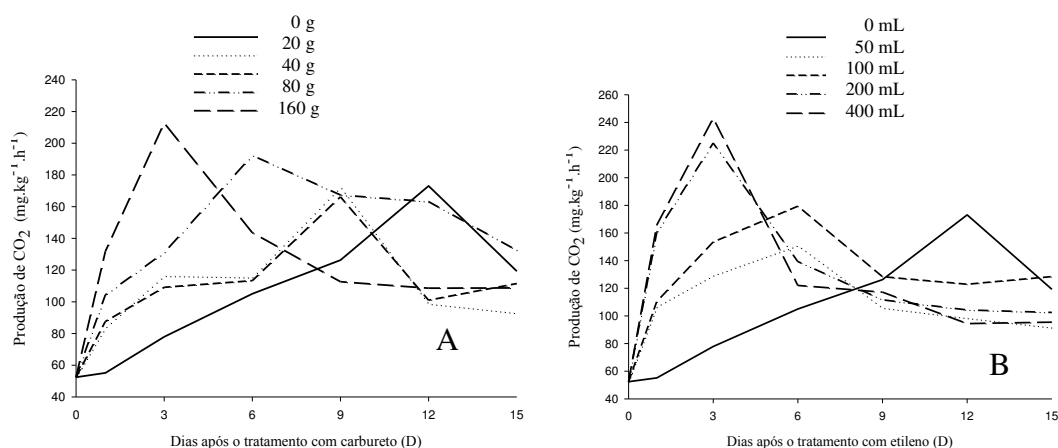


Figura 1- Produção de CO₂ (mg.kg⁻¹.h⁻¹) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.2 Perda de massa fresca

A perda de massa fresca dos frutos tratados com carbureto de cálcio e etileno (Figura 2) aumentou linearmente durante o armazenamento. Segundo Fontes et al. (1999) a perda de massa fresca é um sintoma inicial de perda de água. Os frutos não-

tratados apresentaram menor perda de massa durante todo o período experimental, chegando no 15º dia com perda acumulada de 5,7% de massa fresca.

Não se encontrou, na literatura consultada, referência ao limite de perda de massa tolerado para manga. Entretanto, segundo Kays (1991), produtos suculentos têm alto teor de umidade na colheita e, mesmo a perda de uma pequena quantidade de água pode, em algumas espécies, causar efeitos negativos nas propriedades físicas, fisiológicas, patológicas, nutricionais, econômicas e estéticas do produto. Nas condições deste experimento, as maiores perdas situaram-se entre 8,8% e 9% no 15º dia de armazenamento (Figura 2 A e 2B). De acordo com Chitarra; Chitarra (2005), perdas para produtos hortícolas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, mas alguns produtos são ainda comercializáveis com 10% de perda de umidade.

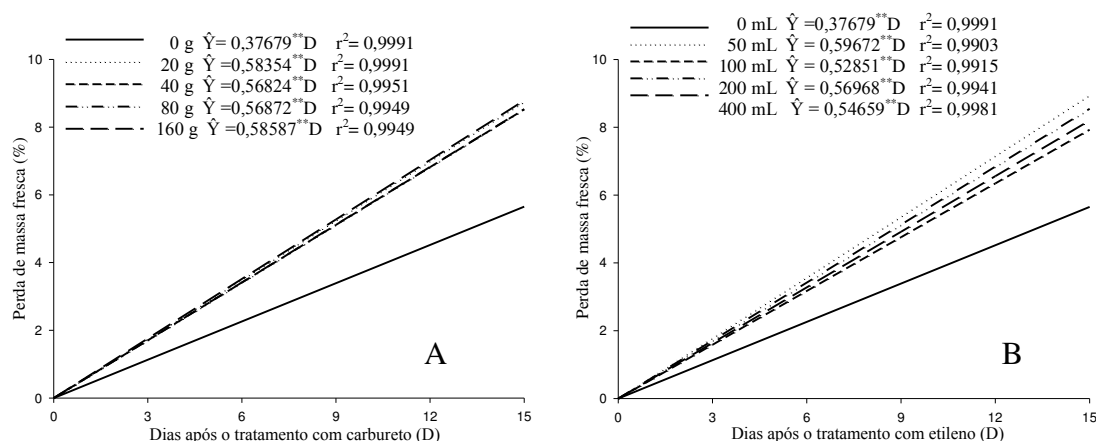


Figura 2- Estimativa da perda de massa fresca (%) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.3 Cor da casca

A mudança característica inicial do amadurecimento é a degradação da clorofila, bem como a síntese de outros pigmentos. A mudança de cor da casca foi bem pronunciada para frutos tratados com carbureto de cálcio (Figura 3 A). Observa-se, nestes frutos, mudança gradual da cor da casca de verde para amarelo durante o armazenamento, dos frutos tratados com 20, 40, 80 e 160 g/m³ de CaC₂. Estes mesmos frutos apresentaram coloração amarelo intenso aos doze dias de armazenamento, com h igual a 85,62°; 82,11°; 78,73° e 79,03°, respectivamente, enquanto a testemunha apresentou h igual a 90,43°.

Em frutos tratados com etileno, a mudança de cor da casca foi mais lenta em relação aos tratados com CaC₂, notando-se um tom amarelo na casca a partir de doze

dias de armazenamento (Figura 3 B), com valores de h de 87,29°; 89,27°; 85,24° e 88,63° para as doses 50, 100, 200 e 400 mL/m³ de etileno, respectivamente, aos doze dias.

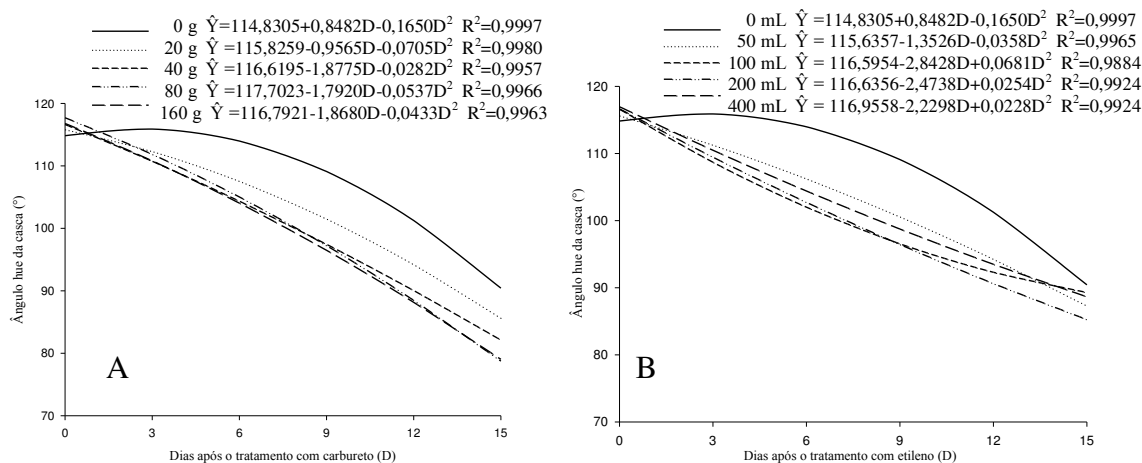


Figura 3- A: Estimativa do ângulo hue da casca (°) de manga 'Ubá' tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

A diferença de cor da casca aumentou de forma mais rápida para frutos tratados com 160, 80 e 40 g de carbureto de cálcio e mais lenta para os frutos tratados com 20 g de CaC₂ (Figura 4 A), conforme relatado para o ângulo hue. Todavia, na figura 4B, é possível observar que praticamente não houve diferença na evolução da diferença de cor da casca para os frutos tratados com etileno.

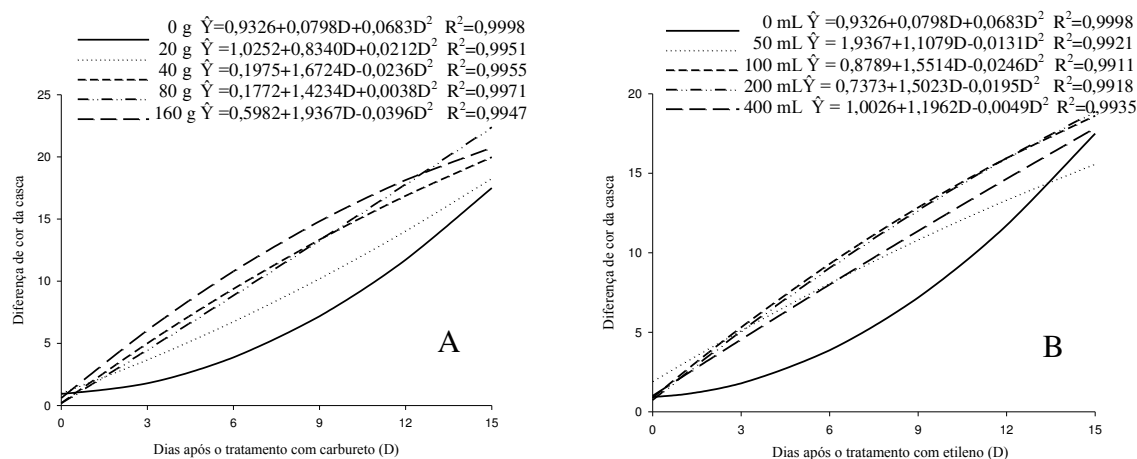


Figura 4- Estimativa da diferença de cor da casca (ΔE) de manga 'Ubá' tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.4 Cor da polpa

De acordo com o ângulo hue para a polpa, a mudança de cor de verde para amarelo ocorreu de forma gradual tanto para frutos tratados com carbureto de cálcio quanto para frutos tratados com etileno, com tendência de estabilização a partir do 9^o dia (Figura 5). Tanto nos frutos tratados com carbureto de cálcio (Figura 5 A) quanto nos tratados com etileno (Figura 5 B), os valores de h foram superiores dos frutos não-tratados, durante todo o período experimental, o que indica a mudança de cor verde para amarela em período menor nos frutos não-tratados. Por outro lado, observou-se que os frutos tratados com carbureto e com etileno apresentaram maior uniformidade na coloração da polpa em relação aos não-tratados. Em todos os casos, a polpa atingiu a coloração alaranjada ao final do período de armazenamento.

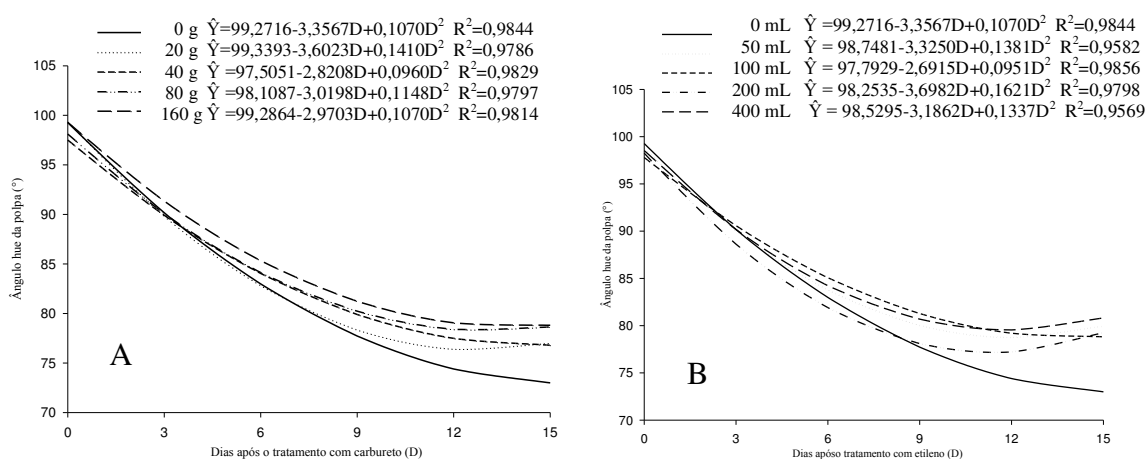


Figura 5- Estimativa do ângulo hue da polpa (°) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

A diferença de cor da polpa apresentou evolução semelhante para frutos tratados com carbureto de cálcio e etileno (Figura 6), e praticamente não diferiu dos frutos não-tratados.

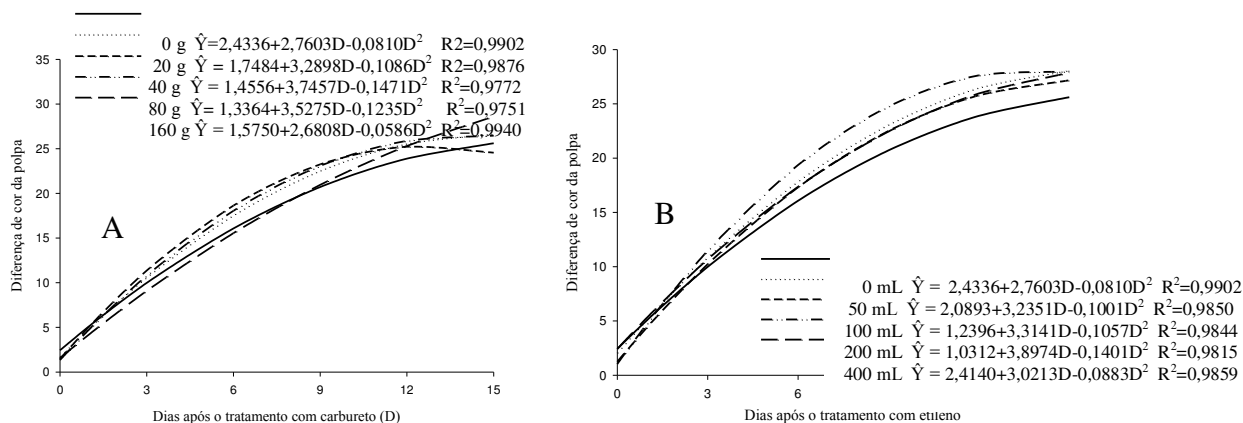


Figura 6- Estimativa da diferença de cor da polpa (ΔE) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.5 Consistência da polpa

O amaciamento dos tecidos é uma das principais transformações no amadurecimento de frutos carnosos, tendo influência acentuada tanto na qualidade como no período de conservação, e está relacionado diretamente com os componentes químicos das paredes celulares (Kays, 1991). A consistência da polpa apresentou queda média em torno de 40% do dia zero para o primeiro dia para frutos tratados com carbureto de cálcio (Figura 7 A), enquanto que para frutos não-tratados a queda foi de apenas 26%. Todavia, para frutos tratados com etileno, a queda média registrada entre o dia zero e o primeiro dia foi em torno de 64%, indicando que nas doses utilizadas, o etileno foi mais eficiente que o carbureto de cálcio na redução da consistência no período mencionado. Resultados contrários foram relatados por Chitarra; Chitarra (2005), onde frutos tratados com CaC_2 apresentaram maior maciez da polpa que frutos tratados com etileno. No presente trabalho observou-se, no entanto, comportamento diferente, o que talvez possa ser explicado pelo controle das temperaturas durante o tratamento e o armazenamento. Essa menor redução da firmeza indica um potencial do carbureto para antecipar e uniformizar o amadurecimento em manga, desde que haja controle da temperatura durante o tratamento e armazenamento. Entretanto, deve-se destacar que não há equivalência entre os níveis dos produtos utilizados, já que etileno e acetileno apresentam estrutura química diferente, sendo o etileno mais efetivo na indução do amadurecimento que qualquer de seus análogos (FINGER; VIEIRA, 1997).

De acordo com os relatos de Brady (1994), Picton et al. (1995) e Bonghi et al. (1996), em frutos climatéricos, há grande número de genes ativados durante o amadurecimento, os quais são dependentes de etileno, como o da poligalacturonase,

endo-1, 4-β-glucanase, sintase do ACC, oxidase do ACC, sintase do fitoeno e invertase. Estudos realizados com tomates transgênicos, contendo o gene antisense para a enzima sintase do ACC, sugerem que o acúmulo de mRNA para poligalacturonase, principal enzima responsável pelo processo de perda de firmeza de frutos, é regulado pela presença de etileno (SITRIT; BENNETT, 1998).

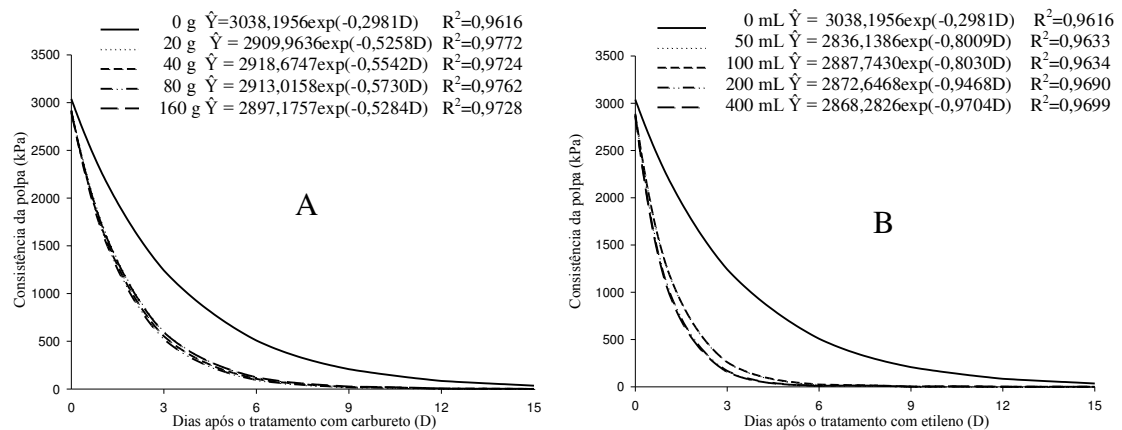


Figura 7- Estimativa da consistência da polpa (kPa) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.6 Extravasamento de solutos

Observa-se, na figura 8 que, quanto maior a dose, maior foi o extravasamento durante todo o período experimental. Houve maior extravasamento de eletrólitos para frutos tratados com 160 e 80 g de carbureto de cálcio (Figura 8 A), demonstrando que as maiores doses causaram maior desorganização das membranas celulares e conseqüentemente, maior antecipação do amadurecimento, conforme observado para a produção de CO₂ (Figura 1).

Frutos tratados com etileno tiveram extravasamento de solutos menor (Figura 8 B), quando comparados com frutos tratados com CaC₂ (Figura 8 A).

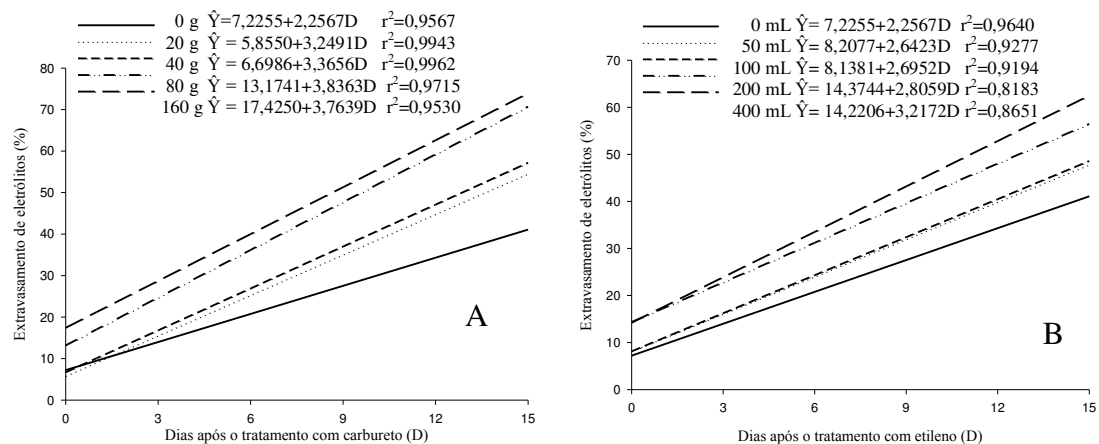


Figura 8- Estimativa do extravasamento de eletrólitos da polpa (%) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.7 Acidez titulável

A acidez titulável teve queda brusca já no terceiro dia de armazenamento, tanto para frutos tratados com carbureto de cálcio (Figura 9 A), como para frutos tratados com etileno (Figura 9 B). Para frutos não-tratados, observa-se queda mais lenta da acidez titulável, o que confirma o potencial do etileno e/ou seus análogos em antecipar e uniformizar o amadurecimento de manga.

A redução nos teores de acidez, foi semelhante para os produtos testados e, no caso da manga, o ácido predominante é o cítrico.

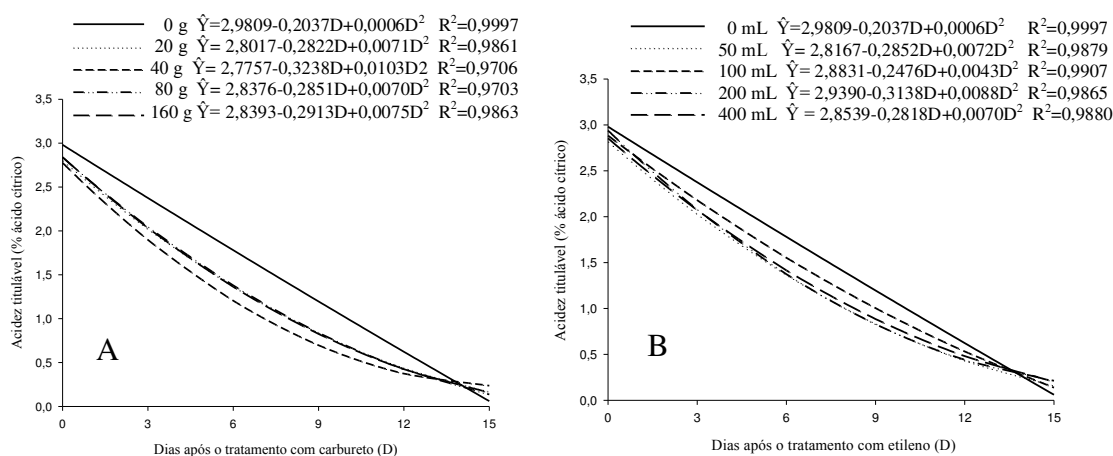


Figura 9- Estimativa da acidez titulável (% de ácido cítrico) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.8 Vitamina C

Observa-se queda gradual para vitamina C em frutos tratados com carbureto de cálcio durante todo o período de armazenamento (Figura 10 A). Todavia, para frutos tratados com etileno a queda foi mais brusca, com tendência de estabilização nos teores, em torno de 70 mg de vitamina C (100 g MF)⁻¹, a partir do nono dia após o tratamento (Figura 10 B). A queda abrupta para frutos tratados com etileno é indesejável, pois indica perda de valor nutritivo do fruto. Ao final do período de avaliação tanto frutos tratados com CaC₂ quanto frutos tratados com etileno apresentaram teor de vitamina C em torno de 40 mg. 100g⁻¹ de ácido ascórbico, enquanto que, para frutos não tratados o teor de vitamina C para o mesmo período foi em torno de 70 mg. 100g⁻¹ de ácido ascórbico, indicando o amadurecimento desuniforme dos frutos não-tratados.

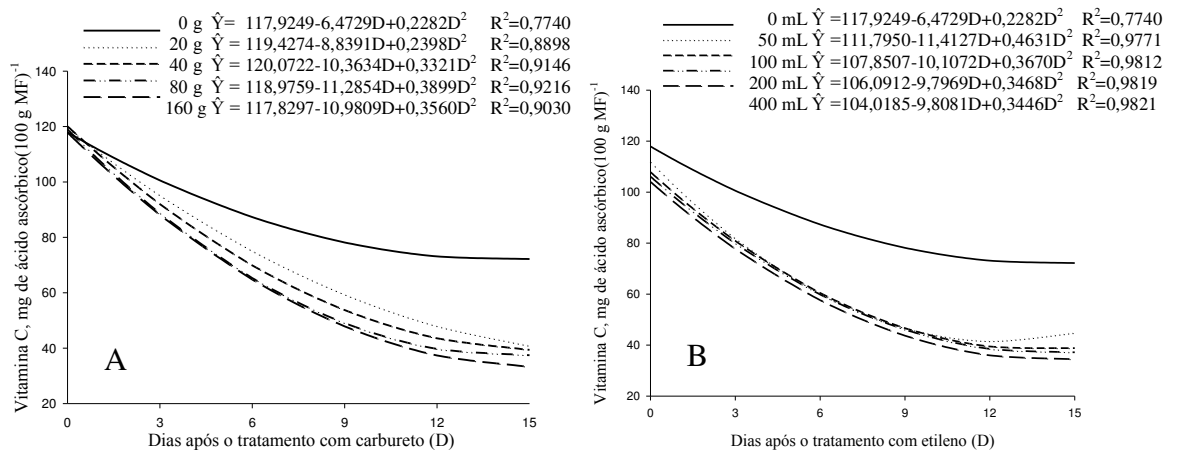


Figura 10- Estimativa da vitamina C (mg de ácido ascórbico/ 100g⁻¹ de massa fresca) de manga 'Ubá' tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.9 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi crescente durante todo o período de avaliação, sendo que, quanto maior a dose de CaC₂ ou etileno, maiores foram os valores atingidos (Figura 11). Os tratamentos com CaC₂ e etileno provocaram aumento no teor de sólidos solúveis totais dos frutos, comprovando que este produto pode ser utilizado para amadurecer os frutos fora da planta com possível aumento no rendimento industrial. Para frutos tratados com carbureto de cálcio (Figura 11 A), o teor de SS de 11° Brix foi alcançado a partir do terceiro dia somente para as doses 40, 80 e 160 g/m³. De acordo com a ANVISA (2005), o teor de SS mínimo exigido para fabricação de suco de manga é de 11° Brix, desta forma, é possível observar que frutos tratados com etileno, mesmo nas menores doses alcançaram estes valores já no terceiro dia após o tratamento com etileno (Figura 11 B).

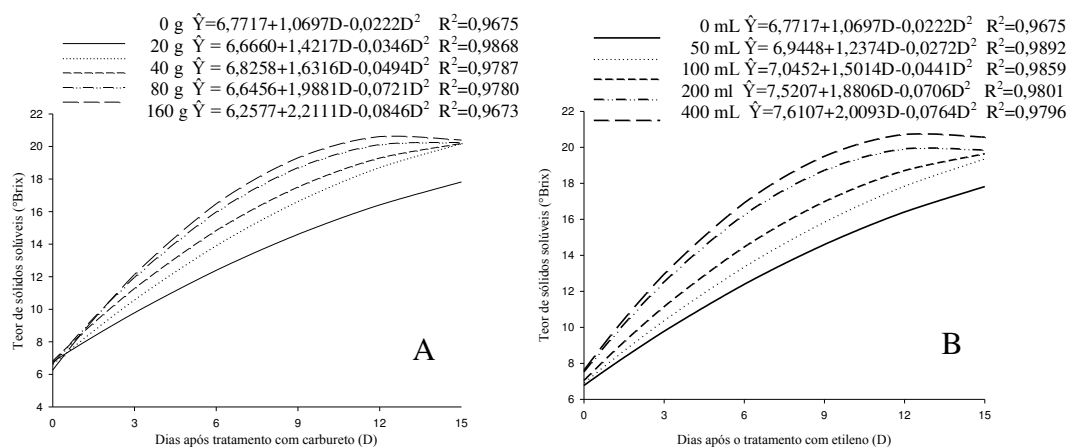


Figura 11- Estimativa do teor de sólidos solúveis da polpa (°Brix) de manga 'Ubá' tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

3.10 Carotenóides da polpa

Os teores de carotenóides nos frutos tratados com CaC_2 e etileno, bem como nos não-tratados, apresentaram acréscimos significativos. Ao longo do período de avaliação, apenas nos frutos tratados com etileno nas doses de 100, 200 e 400 mL/m^3 de câmara observou-se estímulo à produção de carotenóides, em relação aos frutos não-tratados (Figura 12B).

Contudo, segundo Leliève et al. (1997), a síntese de carotenóides pode ser etileno-dependente ou independente, em função do tipo de pigmento e, portanto, outras substâncias reguladoras podem interferir nesse mecanismo. Além disso, as mudanças na coloração em frutos são afetadas pela ação do etileno (Larriegaudiere et al., 1996) e pela idade do fruto na hora da colheita (Agar et al., 1999), sendo, muitas vezes, associadas à produção de etileno pelos frutos (ABDI et al. 1997; PEREIRA et al., 2008).

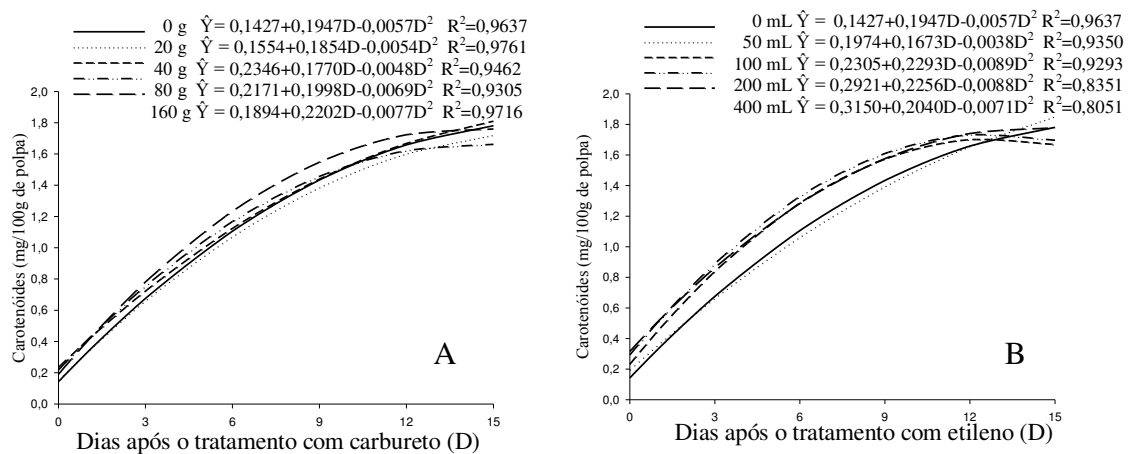


Figura 12- A: Estimativa do teor de carotenóides da polpa (mg/100g de polpa) de manga ‘Ubá’ tratada com carbureto de cálcio (A) e etileno (B).

O início do climatério em manga foi caracterizado por intensa degradação de clorofila da casca, indicado pela queda do valor de h (Figura 3) e síntese de pigmentos carotenóides (Figura 12), responsáveis pela cor amarela da polpa. Simultaneamente, a polpa apresentou aumento na concentração de sólidos solúveis (Figura 11) e redução acentuada da acidez titulável (Figura 9) e da consistência (Figura 7). De acordo com Malundo et al. (2001), os açúcares e ácidos são os componentes primários no desenvolvimento do sabor em mangas e estes componentes influenciam a percepção humana para o aroma do fruto.

Tanto nos frutos tratados com CaC_2 quanto com etileno, a evolução das médias das características avaliadas ocorreu de forma semelhante ao observado nos frutos não-tratados, porém de forma antecipada e com taxas mais elevadas. Porém, nos frutos não-tratados, para várias características, as transformações ocorreram de forma incompleta até o final do período avaliado. Isso confirma a eficiência dos dois produtos em antecipar e uniformizar o amadurecimento da manga 'Ubá'.

Segundo Chitarra; Chitarra (2005), o climatério é tido como uma indicação do final de um período de síntese ativa e manutenção dos processos metabólicos e do início da senescência do fruto. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho não confirmam essa hipótese, pois para as doses mais elevadas de CaC_2 e etileno, o pico climatérico da respiração ocorreu no terceiro dia após os tratamentos, enquanto as características ideais de consumo só foram atingidas por volta do nono dia.

Nota-se que houve efeito de doses dos produtos testados para as características produção de CO_2 (Figura 1), perda de massa fresca (Figura 2), coloração da casca (Figuras 3 e 4), coloração da polpa (Figuras 5 e 6), extravasamento de solutos (Figura 8) e SS (Figura 11), ou seja, nas maiores doses, a antecipação do amadurecimento foi mais rápida e para as menores doses, essa antecipação foi mais lenta. Portanto, o uso de diferentes doses de CaC_2 ou etileno torna-se uma opção para pequenos produtores que comercializam suas frutas em feiras livres, e para a indústria, para não haver sobrecarga de trabalho no processamento da fruta.

4. CONCLUSÕES

Mangas 'Ubá' tratadas com diferentes doses de etileno e carbureto de cálcio tiveram o seu amadurecimento antecipado e uniformizado, sem comprometer suas características físicas, fisiológicas e bioquímicas.

As menores doses tanto de etileno (50 mL/m^3) quanto de carbureto (20 g/m^3) de cálcio foram suficientes para antecipar e uniformizar o amadurecimento dos frutos.

Somente após 15 dias de armazenamento, os frutos do tratamento controle encontravam-se totalmente maduros para consumo *in natura*, entretanto para as maiores doses de CaC_2 e etileno isso ocorreu no nono dia de armazenamento..

6. CONCLUSÕES GERAIS

O padrão de desenvolvimento da manga ‘Ubá’ produzida na Zona da Mata Mineira ajustou-se a um modelo sigmoideal simples e o climatérico respiratório dos frutos ligados à planta foi atingido entre a 20^a e a 21^a semana após a antese. O estágio de maturação fisiológica ocorreu na 17^a SAA após o acúmulo de 1459,1 unidades de calor (UC).

Frutos tratados com etileno exógeno na pré-colheita apresentaram coloração de polpa mais intensa, menor firmeza e maior teor de sólidos solúveis em relação aos não-tratados. A aplicação de 500 ou 750 mg L⁻¹ de ethephon, seguida da colheita dos frutos no 3^o DAAE, permitiu a obtenção de frutos com qualidade comercial, além de dispensar a climatização após a colheita. O uso do ethephon em pré-colheita antecipou o amadurecimento dos frutos na planta e a colheita de manga ‘Ubá’ sem afetar a qualidade final dos frutos.

Frutos de manga ‘Ubá’ tratados com diferentes doses de etileno e carbureto de cálcio na pós-colheita tiveram o seu amadurecimento antecipado e uniformizado, sem comprometer as características físicas, fisiológicas e bioquímicas estudadas. As menores doses tanto de etileno quanto de carbureto de cálcio foram suficientes para antecipar e uniformizar o amadurecimento dos frutos, estando os frutos aptos para o consumo *in natura* já no nono dia após a aplicação dos produtos. Por outro lado, somente após 15 dias de armazenamento os frutos não-tratados encontravam-se totalmente maduros para consumo *in natura*.

7. REFERÊNCIAS

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

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JR., M. E. Ethylene in plant biology. 2ª ed. London: Academic Press, 414 p. 1992.

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

AGRIANUAL: **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2009. 497 p.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. [HTTP://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em 21 de outubro de 2009.

ÁLVARES, V. S. **Amadurecimento e qualidade da banana 'Prata' (*Musa AAb sub grupo Prata*) submetida a diferentes concentrações de etileno**. 2003. 70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALVES, R. E. et al. **Colheita e pós-colheita**. In: GENÚ, P. J. de C.; PINTO, A. C. de Q. A cultura da mangueira. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 17, p. 381-405.

ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; MORETTI, C.L; HONÓRIO, S.L. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, v25, n1, p.122-126, 2007.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa N° 12. Disponível em <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php>. Acesso em 27 de junho de 2005.

AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. 16 ed. Washington: AOAC, 1997.v.2, p.37-10, 42-2, 44-3, 45-16.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. Nobel: São Paulo. 1993, 114 p.

BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M. e CORDENUNSI, B. R.. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, p. 116-120, 2003.

BIALE, J. B. e YOUNG, R.E. Growth, maturation and senescence in fruits. **Science**, Washington, v. 146, n. 3646, p. 880-888, 1964.

BLEINROTH, E. W. Manuseio e tratamento de pós-colheita da manga. In: DONADIO, L. C.; FERREIRA, F. R. (Eds.). **Anais do II Simpósio sobre Mangicultura**. Jaboticabal: FCAV-FUNEP, 1989. p. 171-184.

BOLLARD, E. G. **The physiology and nutrition of developing fruits**. In: HULME, A. C. (Ed.) *The biochemistry of fruits and their products*. London: Academic Press, 1970, v. 1, p. 387- 425.

BONGHI, C.; PAGNI, S.; VIDRIH, R.; RAMINA, A.; TONUTTI, P. Cell wall hydrolases and amylase in kiwifruit softening. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p. 19-29, 1996.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I.; PINTO, J.A.V.; EISERMANN, A.C. Qualidade de pêssegos cv. 'Eldorado' tratados com aminoetoxivinilglicina e ethephon e armazenados em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.79-84, 2007.

BRADY, C. J. **Biochemical and molecular approaches to fruit ripening and senescence**. In: CHAMP, B. R.; HIGHLEY, E.; JOHNSON, G. I. (Eds). *Postharvest handling of tropical fruits*. In: proceedings of an international conference held at Chiang Mai. Canberra: ACIAR, 1994, p.205-217.

BRAZ, V. B.; NUNES, E. S.; VIEIRA, G.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; BERTINI, L. A. e COUTO, F. A. D'A. Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e cv. Ubá pela aplicação de ethephon pós-colheita. **Bragantia**, v.67, n.1, p.225-232, 2008.

BURONDKAR, M. M. et al. Estimation of heat units as maturity indices for different mango varieties in Konkan region of Maharashtra. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 509, p. 297-299, 2000.

CAETANO, A. A.; FIGUEIREDO, J.O.; FRANCO, J.F. Uso de ethephon e óleo mineral para alterar a época de produção do limão 'Tahiti'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981. Recife. **Anais...** Recife, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v.2., p.719.

CARVALHO, G. R.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, L.F.; BARTHOLO, G. F. Eficiência do ethephon na uniformização e antecipação da maturação de frutos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na qualidade da bebida. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.1, p.98-106, 2003.

CASTRILLO, M.; KRUGER, N.J.; WHATHEY, F.R. Sucrose metabolism in mango fruit during ripening, **Plant Science**, Shannon, v. 84, n. 1, p. 45-51, 1992.

CHAUDHRI, S. A. Mango. In: GARDNER, R. S.; CHAUDHRI, S. A. *The propagation of tropical fruits trees*. England: CAB International, 1976. p. 403-474.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CONEGLIAN, R. C. C e RODRIGUES, J. D. Efeito da aplicação de etileno no pH, acidez, índice refratométrico e açúcares totais de frutos de manga, colhidos em estágio pré-climatérico. **Scientia Agricola**. v. 50. n. 2. p. 185-192, 1993.

CONEGLIAN, R.C.C.; RODRIGUES, J.D. Influência do etileno sobre características químicas de frutos de manga var. Keitt, colhidos em estágio pré-climatérico. **Scientia Agricola**, v.51. n.1. p.36-42, 1994.

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

CUNHA, G. A. P. da. Florescimento e uso de fitorreguladores. In: CUNHA, G. A. P. da.; CABRAL, J. R. dos S.; SOUZA, L. F. de S. (Ed.) **O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 229-251.

CUNHA, G. A. P.; PINTO, A. C. Q.; FERREIRA, F. R. **Origem, dispersão, taxonomia e botânica**. In: GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. Q. A cultura da mangueira. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. cap. 2, p. 31-36.

DOMINGUES, M. C. S.; ONO, E. O. e RODRIGUES, J. D. Reguladores vegetais e o desbaste químico de frutos de tanger 'Murcote'. **Scientia Agricola**. v. 58, n. 3. p. 487 – 490, 2001.

DOMINGUES, M.C.S.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Indução do amadurecimento de frutos cítricos em pós-colheita com a aplicação de ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p. 555-558, 2001.

FARAONI, A. S. **Efeito do tratamento térmico, do congelamento e da embalagem sobre o armazenamento da polpa de manga orgânica (*Mangifera indica* L.) cv. 'Ubá'**. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FAO. **Produção e exportação**: citação da base de dados. Disponível em: <<http://apps.fao.org/>>. Acesso em: 25 out. 2009.

FILGUEIRAS, H. A. C.; AMORIM, T. B. F.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Colheita e manuseio pós-colheita**. In: FILGUEIRAS, H. A. C. (Org.). Manga: pós-colheita. 1. ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 3, p. 22-37. (Série Frutas do Brasil, 2).

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1997. 29 p. (Cadernos didáticos, 19).

FIORAVANÇO, J.C.; PAIVA, M.C.; BIZZANI, E. Ethephon na antecipação da colheita e qualidade da ameixa cv. Reubennel. **Scientia Agraria**, v.8, n.2, p.193-197, 2007.

FOLEGATTI, M. I da.; MATSUURA, F. C. A. U.; TORREZAN, F.; BOTREL, N.; SOUZA FILHO, M. de S. M.; AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. de.; SOUZA NETO, M. A. Processamento e frutos. In. GENÚ, P. J. C.; PINTO, A. C. de Q. (Eds). **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 409-431.

FONTES, V. L.; MOURA, M. A.; VIEIRA, G e FINGER, F. L. Efeito de filmes plásticos e temperatura de armazenamento na manutenção da cor do pericarpo de lichia (*Litchi chinensis*). **Revista Brasileira de Armazenamento**. v. 24, n. 1, p. 56-59, 1999.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 2003. 307 p.

FUCKS, Y.; PESIS, E.; ZAUBERMAN, G. Changes in amylase activity, starch and sugar contents in mango fruit pulp. **Scientia Horticulturae**, Israel, v. 13, p. 155-160, 1980.

HUBBARD, N.L.; PHARR, D.M.; HUBER; S.C. Sucrose - phosphate synthase and other sucrose metabolizing enzymes in fruits of various species. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 82, p. 191-196, 1991.

HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their Products**. London: Academic Press, 1970. 618 p.

HUTTON, R. J. Improving fruit size and packout of late Valencia oranges with ethephon fruit thinning sprays. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 32, p. 753-758, 1992.

KADER, A. A. Fruit maturity, ripening, and quality relation ships. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 485, p. 203-208, 1999.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Avi, 1991. 532 p.

KIEBER, J. **Etileno: o fitorregulador gasoso**. In: TAIZ L; ZEIGER E. (Eds.). *Fisiologia vegetal*. 3ªed. Porto Alegre: Artmed 2004. p.541-559.

KRISHNAMURTHY, G.V.; JAIN, N.L; BHATIA, B.S. Changes in the physico-chemical composition of mangoes during ripening after picking. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 9, p. 277-279, 1960.

KRISHNAMURTHY, S.; SUBRAMANYAM, H. Pre- and post-harvest physiology of de mango fruit: a review. **Tropical Science**, Oxford, v. 15, p. 167-193, 1973.

LAKSHIMINARAYANA, S.; SABRHADRA, N. V.; SUBRAMANYAM, H. Some aspects of developmental physiology of mango fruit. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 45, p. 133-142, 1970.

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

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; DE SOUZA, R. B.; SALOMAO, L.C. C.; CRUZ, C. D. Macronutrient accumulation in coffee fruits at Brazilian Zona da Mata conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, p. 980-995, 2009b.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, COSME D.; MENDONÇA, S. M.; ROSADO, L. D. S.. Acúmulo em frutos e variação na concentração foliar de NPK em cafeeiro cultivado em quatro altitudes. **Bioscience Journal** (UFU), v. 24, p. 19-31, 2008.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C. ; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; NETO, A. P. . Alocação de fotoassimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1521-1530, 2007.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P. ; SALOMÃO, L. C. C. ; CRUZ, COSME D. ; MENDONÇA, S. M. ; ROSADO, L. D. S. . Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1439-1449, 2007.

LAVIOLA, B. G.S ; MARTINEZ, H. E. P. ; SALOMÃO, L. C. C. ; CRUZ, C. D. ; MENDONÇA, S. M. . Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1451-1462, 2007.

LELIÈVE, 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: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v. 148, p. 349-382, 1987.

LOESECKE, H.W.V. **Bananas: chemistry, physiology, and technology**. New York: Chapman and Hall, 1950, 189 p.

LUCENA, E. M. P. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga ‘Tommy Atkins’ no Vale do São Francisco**. 2006. 152 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LUCENA, E. M. P.; ASSIS, J. S.; ALVES, R. E.; SILVA, V. C. M. e FILHO, J. E. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas ‘Tommy Atkins’ no Vale do São Francisco, Petrolina – PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 096- 101, 2007.

MAGALHÃES, M. M. **Desenvolvimento e carboidratos constituintes do fruto de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* Berg cv. ‘Sabará’)**. 1991. 77 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MALUNDO, T. M. M.; SHEWFELT, R. L.; WARE, G. O.; BALDWIN, E. A. Sugars and acids influence flavor properties os mango (*Mangifera indica*). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, p. 115-121, 2001.

MANICA, I. Indução do florescimento em mangueiras. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Coord.) et al. **Manga: tecnologia de produção de mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 140-144.

MARINHO, C.; SOUZA, M.de . Efeito da produção e do desbaste na entressafra da tangoreira ‘Murcot’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.3, p.293-296, 1997.

MARONDIN, G.A.B.; KOLLER, O.C.; MANICA, I.; BARROS, I.B.I.; SCHWARZ, S.F. Uso de reguladores de crescimento e raleio manual de frutos em tangerineira (*Citrus deliciosa* Tenore cv. Montenegrina). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986, Brasília. **Anais...**, Brasília, EMBRAPADDT/CNPq, 1986. v.1, p.207-13.

MARRIOT, J. Bananas: physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **CRC Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition**, Cleveland, v.13, n.1. p. 41-88. 1980.

MARTINS, D.N. **Desverdecimento da tangerina ‘Poncã’ (*Citrus reticulata*, Blanco) sob diferentes concentrações de etileno e temperaturas**. 2003. 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa.

MATOO, A.K.; MURATA, T.; PANTASTICO, E.B.; CHACHIN, K.; OGATA, K.; PHAN, C.T. Chemical changes during ripening and senescence. In: Pantastico, E. B (Ed.), **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: 1975. p. 103-127.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1260, 1992.

McREADY, R. M.; GUGGLOZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables: applications to peas. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

McKEON, T.A; YANG S.F. **Biosynthesis and metabolism of ethylene**. In: DAVIES PJ. (Ed.). **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers. p. 94-112, 1987.

MEDINA, J. C. M.; BLEINROTH, E. W., DE MARTIN, Z. J.; QUAIST, D. G.; HASHIZUME, T.; FIGUEIREDO, N. M. S. de.; MORETTI, V. A.; CANTO, W. L. do; BICUDO NETO, L. de C. **Manga: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. 399 p. (Série Frutas Tropicais, 8).

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B.; THOMPSON, A. K. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 37, n. 5, p. 469-474, 1986.

MEDLICOTT, A. P.; REYNOLDS, S. B. Harvest maturity effects on mango fruit ripening. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 65, n. 2, p. 153-157, 1988.

MEDLICOTT, A.P.; THOMPSON, A.K. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography. **Journal of the Science of Food and Agriculturae**, v. 36, London, v. 36, p. 561-566, 1985.

MENEZES, J. B. **Qualidade pós-colheita de melão tipo Galia durante a maturação e o armazenamento**. 1996. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

MINOLTA CORP. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. 49 p.

MORAES, D. M. **Desenvolvimento e maturação pós-colheita de frutos de manga (*Mangifera indica* L.) cv. ‘Ubá’**. 1988. 36f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MORAES, D. M.; PUSCHMANN, R. e LOPES, N. F. Respiração e desenvolvimento do fruto de mangueira cv. Ubá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. especial, p. 37- 41, 2000.

MORAIS, P. L. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; PINHO, J. L. N. e ALVES, R. E. Correlação entre variáveis de crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’. **Ciência Agrotécnica**. v. 28, n. 4, p. 743-747, 2004.

MORETTI, C.L; SARGENT, S.A; HUBER, D.J; CALBO, A.G; PUSCHMANN R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, p.656-660, 1998.

MONTENEGRO, H. W. S., Clima e solo. In: RODRIGUES, O., VIEIRA, F. C. P. **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1980. v. 1, p. 227-239.

MOURA, M. A.; ZANIN, S. R.; FINGER, F.L. Amadurecimento de tomate com pulverização de diferentes doses de ethephon associado com espalhante adesivo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.23, p. 11-14, 1998.

MOREIRA, R.S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335p.

NOGUEIRA, D. H.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. M.; ARAÚJO, R. C. Mudanças fisiológicas e químicas em bananas ‘Nanica’ e ‘Pacovan’ tratadas com carbureto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.3, p.460-464, 2007.

NETO, M. T. C. e REINHARDT, D. H. Relações entre parâmetros de crescimento do fruto da manga cv. Haden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 036- 038, 2003.

O' HARE, T. J. Effect of ripening temperature on quality and compositional changes of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kensington. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 35, p. 259-263, 1995.

PALANISWAMY, K.P.; MUTHUKRISHAN, C.R.; SHAMUGAVELU, K.G. Physicochemical characteristics of some varieties of mango. **Indian Food Packer**, v.28, p.12-19, 1974.

PAL, R. K. Ripening and rheological properties of mango as influenced by ethrel and calcium carbide. **Journal of Food Science and Technology**. v. 35, n.4, p. 358-360, 1998.

PANZENHAGEN, N.V.; KOLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F.; MIOZZO, A.K. Efeito da poda e raleio de frutos jovens sobre a produção de tangerineiras 'Montenegrina'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.14, n.2, p.53-6, 1992.

PEREIRA, G. M.; FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D.; BROMMONSCHENKEL, S. H. Influência do tratamento com etileno sobre o teor de sólidos solúveis e a cor de pimentas. **Bragantia**, v.67, n.4, p.1031-1036, 2008.

PATEL, R. Z. A note on the seasonal variations in starch content of different parts of coffea arabica trees. **East African Agricultural and Forestry Journal**. v.36, n.1, p. 1 – 4, 1970.

PICTON, S.; BARTON, S.; BOUZAYEN, M.; HAMILTON, A.; GRIERSON, D. Altered fruit ripening and leaf senescence in tomatoes expressing an antisense ethylene-forming enzyme transgene. **Plant Journal**, v. 3, p. 461-481, 1993.

PINTO, A.C.Q.; ANDRADE, S.R.M.; AMARO, A.A.; GOMES, U. Mango industry in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 645, p. 37-50, 2004.

REID, M. Ethylene in postharvest technology. In: KADER, A.A. (Eed). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 2002. p.149-162.

RIBEIRO, S. M. R. **Caracterização e avaliação do potencial antioxidante de manga (*Mangifera indica* L.) cultivadas no Estado de Minas Gerais**. 2006. 149 f. Tese (Doutorado em Bioquímica Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RIGITANO, O. Destanização de caqui. **O Agrônomo**. Campinas, v. 17, n. 7-8; p.4-8, 1965.

ROCHA, A. **Identificação de embriões zigóticos e nucelares de sementes e caracterização agrônômica e molecular de acessos de mangueira 'Ubá'**. 2009. 117 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SAEG- **Sistema para Análises Estatísticas**, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, UFV, 2007. CD Rom.

SALOMÃO, L. C. C., Efeitos do envoltório plástico no desenvolvimento e na maturação pós-colheita de frutos de banana (*Musa AAB*) ‘Mysore’. 1995. 104 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SALOMÃO, L.C.C.; MAIA, V.M. Amadurecimento de quatro cultivares de banana com ácido 2-cloroetilfosfônico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.29, n.2, p.104-113, 2004.

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

SALUNKE, D. K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC Press, 1984. v. 1, 168 p.

SARANWONG, S.; SORNSRIVICHAI, J. e KAWANO, S. Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 137–145, 2004.

SEIBERT, E.; BARRADAS, C. I. N.; ARAÚJO, P. J. de; BENDER, R. J. Efeito do ethephon e da frigoconservação na maturação de Peras cv. ‘Packham’s Triumph’. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35 n.1, p. 55-62, 2000.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v. 94, p. 229-232, 1995.

SIGRIST, J. M. M. Respiração. In: BLEINROTH, E. W. (Coord.). **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. rev. Campinas: ITAL, 1992. cap. 2, p. 19-26. (Manual Técnico, 9).

SILVA, J. S. O. **Produção de manga**: manual. Viçosa: CPT, 1996. 34 p. (Série Fruticultura – Manual nº 40).

SITRIT, Y.; BENNETT, A.B. Regulation of tomato fruit polygalacturonase mRNA accumulation by ethylene: A re-examination. **Plant Physiology**, v.116, p.1145-1150, 1998.

SOUZA, M. J. H. **Análise do manejo de água, graus-dia, radiação interceptada e produtividade na lima ácida ‘Tahiti’**. 2001. 94 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

STEFFENS, C.A.; BRACKMANN, A. Maturação da maçã ‘Fuji’ com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista da FZVA**, v.13, n.2, p. 76-84. 2006.

STEFFENS, C. A.; GUARIENTI, A. J.; STORCK, W. L. e BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'Gala' com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.434-440, 2006.

SUBBARAYAN, J. J. e CAMA, H. R. Carotenoids in 3 stages of ripening of mango. **Journal of food science**. v. 35, p. 263-265, 1970.

SUBRAMANYAM, H.; KRISHNAMURTHY, S.; PARPIA, H.A.B. Physiology and biochemistry of mango fruit. **Advances in Food Research**, New York, v. 21, p. 223-305, 1975.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: Art Med, 2004, 719p.

TANDON, D.K.; KALRA, S.K. Changes in sugars, starch and amylase activity during development of mango fruit cv Dashehari. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 58, n. 3, p. 449-453, 1983.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 1-51.

VAN BUREN, J. P.; Function of pectin in plant tissue structure and firmness. In: WALTER, R. H. (Ed.). **The chemistry and technology of pectin**. New York: Academic Press, 1984, p. 1-22.

VENEGAS, J.G.; HARRIS, R.S.; SIMON, B.A. A comprehensive equation for the pulmonary pressure-volume curve. **The American Physiological Society**, p.389-395, 1998.

WARNER, H. L.; LEOPOLD, A.C. Plant growth regulation by stimulation of ethylene production. **BioScience**, v.17, p.722, 1967.

WARRINGTON, L. J.; FULTON, T. A.; HALLIGAN, E. A.; SILVA, H. N. Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 5, p. 468-477, 1999.

WHITLOW, T.H.; BASSUK, N.L.; RANNEY, T.G.; REICHERT, D.L. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. **Plant Physiology**, v. 98, p. 198-205, 1992.

WILLS, R. B. H. et al. **Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. 4. ed. Wallingford: New South Wales University Press, 1998. 262 p.

YANG, S. F. Ethylene evolution from 2-chloroethylphosphonic acid. **Plant Physiology**, v.44, p.1203-1204, 1969.

ZEITSCHRIFTEN, W. Effects of calcium carbide and 2-chloroethylphosphonic acid on fruit quality of Thai mangoes under various postharvest ripening regimes. **European Journal of Horticultural Science**. v. 36, p.411-418, 2009.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Quadro 1 A. Estimativas das taxas de acúmulo de massa fresca, comprimento e massa seca da manga ‘Ubá’ durante o desenvolvimento do fruto (capítulo 1)

Massa fresca	$\hat{Y} = (80,8040 \exp(11,4370-D)/2,0022) / (1 + \exp(11,437-D)/2,0022^2)$
Comprimento do fruto	$\hat{Y} = (35,7388 \exp(7,7070-D)/2,3145) / (1 + \exp(7,7070-D)/2,3145^2)$
Massa seca	$\hat{Y} = (15,4733 \exp(15,683-D)/3,4494) / (1 + \exp(15,683-D)/3,4494^2)$

Quadro 2 A. Estimativa dos coeficientes de correlação entre as variáveis (Var) diâmetro menor (DM), comprimento (C), diâmetro maior (DMA), massa fresca do fruto (PFF), massa fresca da polpa (PFP), massa fresca da casca (PFC), massa fresca da semente (PFS), massa seca da polpa (PSP), massa seca da casca (PSC), massa seca da semente (PSS), respiração (RESP), extravasamento de solutos (EXT), consistência da polpa (CONS), teor de sólidos solúveis (SST), acidez titulável (AT), ratio (RT), vitamina C (VC), ângulo hue casca (hC) e ângulo polpa (hP) de mangas ‘Ubá’ durante o desenvolvimento (capítulo 1)

VAR	DM	C	DMA	PFF	PFP	PFC	PFS	PES	PSP	PSC	PSS	RESP	EXT	CONS	SST	AT	RT	VC	hC	hP
DM																				
C	0,959**																			
DMA	0,987**	0,974**																		
PFF	0,979**	0,955**	0,982**																	
PFP	0,964**	0,945**	0,970**	0,989**																
PFC	0,925**	0,855**	0,912**	0,939**	0,902**															
PFS	0,946**	0,941**	0,952**	0,960**	0,921**	0,889**														
PES	0,923**	0,818**	0,893**	0,924**	0,896**	0,951**	0,871**													
PSP	0,885**	0,775**	0,856**	0,880**	0,853**	0,917**	0,822**	0,986**												
PSC	0,903**	0,828**	0,882**	0,913**	0,887**	0,931**	0,859**	0,947**	0,895**											
PSS	0,926**	0,831**	0,898**	0,938**	0,909**	0,954**	0,896**	0,986**	0,948**	0,947**										
RESP	-0,127 ^{ns}	-0,256*	-0,182 ^{ns}	-0,147 ^{ns}	-0,169 ^{ns}	-0,042 ^{ns}	-0,155 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,151 ^{ns}	-0,017 ^{ns}	0,040 ^{ns}									
EXT	0,771**	0,686**	0,747**	0,789**	0,763**	0,813**	0,757**	0,839**	0,829**	0,772**	0,835**	0,032 ^{ns}								
CONS	-0,775**	-0,672**	-0,730**	-0,773**	-0,745**	-0,796**	-0,735**	-0,859**	-0,857**	-0,812**	-0,833**	-0,043 ^{ns}	-0,754**							
SST	0,625**	0,463**	0,564**	0,605**	0,569**	0,706**	0,5532**	0,800**	0,829**	0,731**	0,744**	0,235*	0,667**	-0,860**						
AT	-0,817**	-0,704**	-0,777**	-0,819**	-0,788**	-0,866**	-0,774**	-0,921**	-0,918**	-0,860**	-0,899**	-0,031 ^{ns}	-0,802**	0,919**	-0,881**					
RT	0,477**	0,342**	0,426**	0,468**	0,434**	0,562**	0,428**	0,651**	0,688**	0,602**	0,583**	0,139 ^{ns}	0,534**	-0,814**	0,943**	-0,792**				
VC	-0,916**	-0,874**	-0,905**	-0,930**	-0,911**	-0,917**	-0,893**	-0,902**	-0,862**	-0,877**	-0,919**	0,091 ^{ns}	-0,804**	0,791**	-0,613**	0,828**	-0,483**			
hC	0,361**	0,282**	0,326**	0,343**	0,293*	0,430**	0,359**	0,470**	0,470**	0,463**	0,4476**	0,093 ^{ns}	0,349**	-0,587**	0,685**	-0,607**	0,668**	-0,324**		
hP	0,711**	0,608**	0,673**	0,701**	0,661**	0,752**	0,689**	0,792**	0,781**	0,773**	0,771**	0,062 ^{ns}	0,673**	-0,862**	0,839**	-0,859**	0,775**	-0,723**	0,623**	

** e * e significativo a 1 e 5 % respectivamente, ^{ns} não significativo pelo teste “t”.

Quadro 3 A. Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro menor (DM), comprimento (CO), diâmetro maior (DMA), massa fresca fruto (PFF), massa fresca polpa (PFP), massa fresca casca (PFC), massa fresca semente (PFS), massa seca polpa (PSP), massa seca casca (PSC), massa seca semente (PSS), de mangas ‘Ubá’ durante o desenvolvimento (capítulo 1)

F.V	GL	Quadrados médios								
		DM	CO	DMA	PFF	PFP	PFC	PFS	PSF	PSP
TRAT	22	373,44**	531,69**	335,45**	978,88**	3327,22**	357,08**	541,79**	1019,43**	262,33**
RES	60	1,26	3,72	1,11	30,49	36,93	4,22	7,23	2,52	2,10
CV (%)		2,16	2,55	1,89	4,39	7,56	9,10	11,93	5,73	10,18

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 4 A. Resumo da análise de variância respiração (RESP), extravasamento de solutos (EXT), consistência da polpa (CONS), teor de sólidos solúveis (SST), acidez titulável (AT), ratio (RT), vitamina C (VC), ângulo hue da casca (hC) e ângulo hue da polpa (hP) de mangas ‘Ubá’ durante o desenvolvimento (capítulo 1)

F.V	GL	Quadrados médios								
		RESP	EXT	CONS	SST	AT	RT	VC	hC	hP
TRAT	22	5673,45**	1766,06**	25585,39**	138,47**	3,88**	590,39**	12176,59**	44259,56**	39786,9**
RES	60	409,58	146,56	650,65	0,41	0,40	2,92	178,84	8771,23	17189,40
CV (%)		27,79	34,59	11,47	6,42	8,42	23,37	11,14	138,71	39,42

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 5 A. Resumo da análise de variância para as variáveis ângulo hue da casca (HCASCA), ângulo hue da polpa (HPOLPA), diferença de cor da casca (DCORCA), diferença de cor da polpa (DCORPO), extravasamento de solutos (EXT), acidez titulável (AT), vitamina C (VITAC), consistência da polpa (CONS), sólidos solúveis (SS), carotenóides da polpa (CAROT), produção de CO₂ (RESP) e perda de massa fresca (PMF), em manga ‘Ubá’ tratada com diferentes doses de carbureto de cálcio (capítulo 3)

FV	GL	Quadrados Médios											
		HCASCA	HPOLPA	DCORCA	DCORPO	EXT	AT	VITAC	CONS	SS	CAROT	RESP	PMF
TRAT	4	185,542**	18,873**	54,547**	6,557 ^{ns}	1268,276**	0,0224**	1424,495**	267097,1**	22,157**	1,825 ^{ns}	4479,649**	7,575**
RES (a)	10	8,796	2,720	4,173	2,648	26,719	0,049	62,082	7166,677	0,613	1,104	804,068	2,459
DIAS	6	2464,635**	1254,839**	879,259**	1556,842**	6073,921**	16,851**	14028,59**	1733849**	416,901**	20,767**	15816,53**	136,957**
DIAS*TRAT	24	34,588**	10,300**	12,391*	5,592 ^{ns}	131,588**	0,054*	148,768**	62462,28**	2,415**	0,182**	2698,328**	0,825**
RES (b)	60	6,152	3,155	7,134	4,293	11,778	0,026	52,273	11214,95	0,358	0,827	155,425	,341
CV (%) Parcela		2,86	1,92	23,72	10,62	16,71	15,00	10,14	9,48	5,66	5,38	24,84	44,12
CV (%) Subparcela		2,39	2,07	31,01	13,52	11,09	10,88	9,29	11,85	4,32	4,65	10,92	16,44

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quadro 6 A. Resumo da análise de variância para as variáveis ângulo hue da casca (HCASCA), ângulo hue da polpa (HPOLPA), diferença de cor da casca (DCORCA), diferença de cor da polpa (DCORPO), extravasamento de solutos (EXT), acidez titulável (AT), vitamina C (VITAC), consistência da polpa (CONS), sólidos solúveis (SS), carotenóides da polpa (CAROT), produção de CO₂ (RESP) e perda de massa fresca (PMF), em manga ‘Ubá’ tratada com diferentes doses de etileno (capítulo 3)

FV	GL	Quadrados Médios											
		HCASCA	HPOLPA	DCORCA	DCORPO	EXT	AT	VITAC	CONS	SS	CAROT	RESP	PMF
TRAT	4	122,703**	22,668**	27,386**	7,430**	618,171**	0,0841*	2379,016**	237152,3**	29,380**	3,992*	3567,729**	7,219**
RES (a)	10	11,187	3,232	8,650	2,142	24,605	0,028	72,081	4186,271	0,348**	0,894	428,601	3,750
DIAS	6	1901,523**	1211,447**	652,953**	1774,363**	3969,245**	18,501**	12863,65**	1733316**	400,172	21,072**	17858,83**	129,849**
DIAS*TRAT	24	36,958**	11,586**	11,043 ^{ns}	5,662 ^{ns}	54,977**	0,0368*	124,2280**	65109,29**	2,858**	0,514**	3863,138**	0,834**
RES (b)	60	7,582	2,949	7,378	4,100	7,178	0,0204	49,640	13751,08	0,365	,776	266,575	0,239
CV (%) Parcela		3,19	2,08	36,00	9,46	17,73	26,18	11,65	53,79	4,31	4,78	17,65	55,71
CV (%) Subparcela		2,63	1,99	33,25	13,09	9,56	9,12	9,66	12,95	4,41	4,46	13,92	14,09

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.