



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO E CONSERVAÇÃO
PÓS-COLHEITA DO ACESSO UMBU-LARANJA
(Spondias Tuberosa Arruda Câmara)

MAÍRA FELINTO LOPES

João Pessoa – PB
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MAÍRA FELINTO LOPES

**Fisiologia da Maturação e Conservação
Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja
(*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADOR: Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph.D.

**João Pessoa – PB
2007**

MAÍRA FELINTO LOPES

**Fisiologia da Maturação e Conservação
Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja
(*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**

APROVADO EM, 23/05/2007.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Silvanda de Melo Silva, Ph.D. - CCA/UFPB

Prof. Rejane Maria Nunes Mendonça, Dra. - CCA/UFPB

Prof. Heinz Johann Holschuh, Dr. - CT/UFPB

**João Pessoa – PB
2007**

L864f Lopes, Maíra Felinto
 Fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do
 acesso umbu laranja (spondias tuberosa Arruda Câmara) /
 Maíra Felinto Lopes. – João Pessoa, 2007.
 123p.: il.
 Orientadora: Silvanda de Melo Silva
 Dissertação (mestrado) – UFPB/CT
 1.Tecnologia de Alimentos. 2. Spondias. 3.Spondias-
 variabilidade genética.

UFPB/BC

CDU: 664(043)

QUANTO MAIS

*Quanto mais alto estejas,
Mais apto a prestar.
De quanto mais disponhas,
Mais pode servir
Quem possui mais cultura,
Pode ensinar melhor.
Não recuses doar
Do que tenhas ou sejas.
Virtude sem trabalho,
Lembra riqueza morta.
Recorda: Deus te dá,
Para que também dê.*

(Emmanuel)

À voinha Nazareth (*in memoriam*) e Lica Lopes (*in memoriam*), exemplos de vida e dedicação

Aos meus pais, Edinilza e Reudesman, pelo amor e apoio incondicional, pelas palavras de ânimo e coragem nos momentos mais difíceis de minha vida

Ao meu companheiro, amigo e namorado, Emanuel Tarcísio, pelo carinho, compreensão, paciência e cumplicidade sempre.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus e todos os mentores espirituais, por estarem sempre presentes guiando cada passo dado e iluminando minha vida;

À professora Silvanda, pela orientação, amizade e confiança, pelos ensinamentos transmitidos, e, sobretudo, pelo exemplo de amor e dedicação a pesquisa;

Ao professor Dr. Walter Esfrain Pereira e ao doutorando e amigo Mácio Farias, pela ajuda nas análises estatísticas;

Aos membros da banca examinadora, prof. Dr. Heinz Johann Holschuh e professora Dra. Rejane Maria Nunes Mendonça, pela colaboração e sugestões;

Aos professores e funcionários dos programas de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia dos Alimentos e em Agronomia;

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo;

A Dona Rosete proprietária da Fazenda Mendonça II;

Ao Sr. Gabriel, motorista, pelas conversas sempre alegres durante as viagens até as propriedades de pesquisa;

A todos aqueles que fazem parte da equipe do Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita: Dalmo, Aninha, Leirson (Coremas), Barbosa, Rafael, Renato, Marcelo, Antônia, Laésio, Fabiano, Erivelto, Adriana, Márcia, Plúvia, Rafaela, Daniela;

Aos colegas de mestrado, em especial, Edvaldo (Dinho), Jailane, Adriane, Mayk e Mônica;

A Lucicléia Barros que, em pouco tempo, tornou-se uma grande amiga, irmã e companheira de todos os momentos;

A Emanuel e família, pela acolhida durante a realização deste trabalho;

Aos meus pais, aos meus irmãos, Maitê e Marcel, e familiares, pelo carinho, afeto e compreensão;

E aos demais que, de alguma forma, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

Capítulo I

Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita do Aceso Umbu-laranja

(*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)

Lista de Tabelas	x
Lista de Figuras	xi
Resumo	xvi
Abstract	xvii
1. Introdução	2
2. Objetivos	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivo Específico	4
3. Referencial Teórico	5
3.1 <i>Spondias</i>	5
3.1.1 <i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara	5
3.2 Desenvolvimento e Fisiologia da Maturação do Fruto	7
3.2.1 Processo respiratório	9
3.2.2 Etileno	10
3.3 Conservação Pós-Colheita de Frutos	11
3.3.1 Atmosfera Modificada (AM)	12
3.3.2 Refrigeração e Umidade Relativa	14
4. Referências Bibliográficas	16

Capítulo II

5. Fisiologia da Maturação do Aceso Umbu-laranja

(*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)

Resumo	28
Abstract	29
1 Introdução	30
2 Material e Métodos	32
3 Resultados e Discussão	37
4 Conclusão	48
5 Referências Bibliográficas	49

Capítulo III

6. Mudanças nos Carboidratos e na Coloração do Acesso Umbu-laranja sob Atmosfera Modificada e Refrigeração

Resumo	58
Abstract	59
1 Introdução	60
2 Material e Método	62
3 Resultado e Discussão	66
4 Conclusão	84
5 Referências Bibliográficas	85

Capítulo IV

7. Conservação Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja sob Atmosfera Modificada e Refrigeração

Resumo	91
Abstract	92
1 Introdução	93
2 Material e Método	95
3 Resultado e Discussão	99
4 Conclusão	114
5 Referências Bibliográficas	115
Anexos	120

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características físicas do acesso umbu-laranja em quatro estádios de maturação.	39
TABELA 2 - Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), potencial hidrogeniônico (pH) e ácido ascórbico do acesso umbu-laranja em quatro estádios de maturação.	42
TABELA 3 - Açúcares redutores, açúcares totais, amido, clorofila total e carotenóides totais do acesso umbu-laranja em quatro estádios de maturação.	44
TABELA 1A – Quadrados médios das análises de variância para as características sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), ácido ascórbico, firmeza, carotenóides, clorofila, açúcares redutores e totais e amido em umbu-laranja armazenados sob condições ambiente, em função dos estádios de maturação e do tempo.	120
TABELA 2A – Quadrados médios das análises de variância para as características de coloração da casca, aparência, coloração subjetiva e perda de massa em umbu-laranja armazenados sob condições ambiente, em função dos estádios de maturação e do tempo.	120
TABELA 3A – Análise de variância dos dados de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), ácido ascórbico, carotenóides, clorofila, açúcares redutores e totais e amido em umbu-laranja armazenados a 10°C sob diferentes condições de atmosfera.	121
TABELA 4A – Quadrados médios das análises de variância para as características de coloração objetiva da casca, aparência, coloração subjetiva da casca e perda de massa em umbu-laranja armazenados a 10°C sob diferentes condições de atmosfera.	122

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

- Figura 1** – Umbu-laranja colhido em quatro estádios de maturação, TV (totalmente verde), VC (verde claro), VA (verde amarelado), AE (amarelo esverdeado). 33
- Figura 2** – Produção de CO₂ de umbu laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), com determinada a $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, iniciando-se aproximadamente seis horas após a colheita (Areia –PB). 38
- Figura 3** – Percentual de polpa, casca e caroço de frutos do acesso umbu-laranja, colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA), amarelo esverdeado (AE). 41
- Figura 4** – Valores médios de clorofila e carotenóides totais de frutos de umbu-laranja nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA), amarelo esverdeado (AE). 45
- Figura 5** – Aparência global e Evolução na coloração de umbu-laranja nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA), amarelo esverdeado (AE). 47

CAPÍTULO III

- Figura 1** - Umbu-laranja colhido em quatro estádios de maturação, TV (totalmente verde), VC (verde claro), VA (verde amarelado), AE (amarelo esverdeado). 63
- Figura 2** - Clorofila total ($\text{mg} \cdot 100^{-1}\text{g}$) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\% \text{ UR}$) (AA) (A) e (C) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\% \text{ UR}$) (B). 67

- Figura 3** - Carotenóides totais ($\mu\text{g} \cdot 100^{-1}\text{g}$) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C). 69
- Figura 4** - Açúcares Redutores ($\text{g glicose} \cdot 100\text{g}^{-1}$) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 71
- Figura 5** – Açúcares Solúveis Totais ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 73
- Figura 6** – Amido ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientais ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 75
- Figura 7** – Evolução da coloração da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE) mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientais ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 77

Figura 8 – Ângulo Hue ($^{\circ}\text{H}$) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 79

Figura 9 – Luminosidade da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(B). 80

Figura 10 – Cromaticidade da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 81

Figura 11 – Parâmetro a^* da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 82

Figura 12 – Parâmetro b^* da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientais ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 83

CAPÍTULO IV

Figura 1 – Umbu-laranja colhido em quatro estádios de maturação, TV (totalmente verde), VC (verde claro), VA (verde amarelado), AE (amarelo esverdeado). 96

Figura 2 – Perda de Massa do aceso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientais ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C). 100

Figura 3 – Firmeza do aceso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) (D) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 102

Figura 4 - Sólidos Solúveis (SS) do aceso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C) e durante o armazenamento a 10°C , sob atmosferas ambiente (AA) e modificada (AM) (D). 104

Figura 5 – Acidez Titulável (AT) do aceso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C). 106

Figura 6 – Potencial Hidrogeniônico (pH) do aceso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C). 107

Figura 7 – Teor de Ácido Ascórbico do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA)(A) e modificada (AM)(B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C). 109

Figura 8 – Aparência global do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C). 111

Figura 9 – Frutos do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) e modificada (AM), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR), após oito dias de armazenamento. 112

Figura 10– Frutos do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) e modificada (AM), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR), após 16 dias de armazenamento. 113

LOPES, M.F. Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). João Pessoa. CT/UFPB, 2007. 123p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos). **Orientador:** Silvanda de Melo Silva, Ph. D.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a fisiologia da maturação e a conservação pós-colheita de frutos do acesso umbu-laranja, esta pesquisa foi desenvolvida em três experimentos. Os frutos foram provenientes da propriedade Mendonça II, localizada no município de Juazeirinho, micro-região do Brejo Paraibano, e os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da UFPB. No experimento I, foi avaliada a taxa respiratória e realizada a caracterização física e físico-química de frutos colhidos em quatro estádios de maturação: Totalmente Verde (TV), Verde Claro (VC), Verde Amarelado (VA) e Amarelo esverdeado (AE). O experimento II avaliou as mudanças nos carboidratos e na coloração desses estádios de maturação, mantidos sob atmosfera modificada (AM) por filme de cloreto de polivinila (PVC) e atmosfera ambiente, a $10 \pm 0,5$ °C e $90 \pm 1\%$ UR e sob condições ambientes (24 ± 2 °C e $85 \pm 2\%$ UR). O experimento III avaliou a conservação pós-colheita de frutos sob AM e refrigeração. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 4 \times 5$, sendo os fatores avaliados: atmosferas de armazenamento (AA e AM), estádios de maturação (TV, VC, VA, AE) e dias de armazenamento. No experimento I, o acesso umbu-laranja apresentou padrão respiratório indicativo de frutos do tipo climatérico. O estádio verde amarelado é o mais indicado para a colheita visando o armazenamento e o amarelo esverdeado para o consumo *in natura*. Para o experimento II, o uso de AM foi o fator determinante na manutenção dos carboidratos e da coloração de umbu-laranja, independente do estádio de maturação. A temperatura de 10°C resultou na sua manutenção da clorofila. O uso de AM associada à refrigeração permitiu manutenção dos açúcares redutores e totais. Para o terceiro experimento, o emprego de AM associada à refrigeração foi o fator determinante na conservação pós-colheita de umbu-laranja, mantendo a firmeza, proporcionando um aumento de quatro dias de vida útil aos frutos, mantendo a aparência dos frutos, principalmente os de maturidade mais prematura.

Palavras chaves: *Spondias*, variabilidade genética, qualidade, maturidade, armazenamento refrigerado, filme de PVC.

LOPES, M.F. Maturation Physiology and Postharvest Conservation of the Access Orange-Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). João Pessoa. CT/UFPB, 2007. 123p. (Máster Dissertation, Graduate Program in Food Science and Technology).
Orientador: Silvanda de Melo Silva, Ph. D.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the maturation physiology and the postharvest conservation of fruits of the access orange-umbu, this research was carried out in three experiments. Fruits were harvested from the property Mendonça II, located in Juazeirinho Municipal District, Micro-region of Brejo Paraibano and the experiments were carried out in the Laboratorio de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita of the Centro de Ciências Agrárias of UFPB. For the first experiment, it was evaluated the respiratory rate, and accomplished the physical and physical-chemical characterization of the maturity stages: Totally Green (TV), Light Green (VC), Green-Yellowish (VA) and Yellow- Greenish (AE). The second experiment evaluated the changes in the carbohydrates and color of these maturity stages, maintained under modified atmosphere (AM) by polivinil chloride film (PVC) and room atmosphere (AA), at $10 \pm 0,5$ °C and $90 \pm 1\%$ RH, and under room conditions (24 ± 2 °C and $85 \pm 2\%$ UR). The third experiment evaluated the postharvest conservation of fruits under AM and refrigeration. The experimental design was a completely randomized, in a factorial outline (2 x 4 x 5). For the experiment I, the access orange-umbu respiratory pattern indicative of climacteric-type fruits. The maturity stage green-yellowish is the best for harvesting aiming fruit storage, and the yellow-greenish for *in natura* consumption. For the experiment II, the use of modified was the determining factor for carbohydrate and color maintenance, independent on maturity stage. The temperature of 10°C resulted in maintenance of the chlorophyll content. The use of AM associated to refrigeration allowed maintenance of the reducing and total sugars. For the third experiment, the use of AM associated to refrigeration was the decisive factor on the postharvest conservation of the access orange-umbu fruits, maintaining fruit firmness, providing a four days increase in the postharvest life, maintaining the appearance, mainly for earlier maturity stages.

Key words: *Spondias*, genetic variability, quality, maturity, refrigerated storage, PVC film

Capítulo I

Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.)

1.INTRODUÇÃO

Devido a sua localização geográfica e dimensão territorial, o Brasil é um dos maiores repositórios de espécies nativas do mundo, possuindo importantes centros de diversidade genética tanto de plantas nativas como de cultivadas (Souza et al., 2001). O Nordeste Brasileiro, com seu clima privilegiado, oferece condições ideais para o cultivo das mais diversas espécies de fruteiras, de modo que a fruticultura contribui como parte dominante do agronegócio (SOUZA et al., 2002).

O Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* A. Câmara), da família Anacardiaceae, é uma planta xerófita nativa do Semi-Árido do Nordeste brasileiro (Duque, 1980), que ocorre de forma espontânea, tendo o extrativismo como a sua principal forma de exploração (Lima, 2000), mas representando a principal fonte de emprego e renda para pequenos produtores nas áreas de ocorrência durante a safra. Seus frutos são destinados ao consumo *in natura* ou para o fornecimento de matéria-prima para, pelo menos, outros 48 produtos, que vão desde sucos a sorvetes e geléias (Araujo & Santos, 2002). Esse fruto nativo apresenta importância sócio-econômica de alta relevância para a região pelo provimento à agricultura familiar, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos, e produtos processados em feiras-livres, quitandas, supermercados e restaurantes da região (Souza, 1998). Essa frutífera ainda apresenta túberas radiculares doces e ricas em água e folhas verdes e maduras, que são também uma alternativa de alimentos para os animais (CAVALCANTI et al. 1999; 2000).

A variabilidade genética reconhecida no umbuzeiro, de modo que Nascimento et al. (2002), dando continuidade às implantações dos acessos do Banco de Germoplasma do Umbuzeiro, pertencente à Embrapa Semi-Árido, localizada em Petrolina-PE, já identificou 78 acessos, nos quais foram obtidas seguintes amplitudes de alguns parâmetros avaliados: peso de fruto de 2,80 a 120,00 g; largura de fruto de 1,60 a 56,70 mm; sólidos solúveis de 8,00 a 13,60%; ainda, frutos em cacho, contendo 45 unidades, com pêlos e variações na coloração do fruto (amarelada, avermelhada, esverdeada, esbranquiçada, entre outras). Estas variações indicam a grande variabilidade fenotípica encontrada no umbuzeiro.

O umbu está sujeito aos efeitos da sazonalidade e perecibilidade. Na época de safra, entre os meses de dezembro e março, ocorre excesso de oferta deste fruto que, uma vez colhido na maturidade fisiológica e mantido em condições ambientes, possui vida útil pós-colheita de dois a três dias. Em consequência disso, é comum se verificar, durante o pico

produtivo, perda de grande parte da produção, pelo excesso de oferta, pelo avanço da maturação e ausência de infra-estrutura adequada de colheita e pós-colheita (MAIA et al., 1998).

Apesar da importância das frutíferas nativas, sobretudo do umbu, e do seu elevado potencial sócio-econômico, poucos estudos têm sido realizados, visando aumentar a base de informações e buscando ampliar as possibilidades das mesmas. Portanto, o desenvolvimento de pesquisas que objetivem garantir a preservação da espécie e a avaliação da diversidade genética existente nessa espécie e, também, que resultem na geração de tecnologias que venham possibilitar o cultivo racional, além de melhores formas de aproveitamento da mesma, é de importância fundamental (SOUZA et al., 2001).

A manutenção da qualidade de frutos de alta perecibilidade, como o umbu, necessita do desenvolvimento de tecnologias eficientes que reduzam as taxas metabólicas, retardem o amadurecimento e a incidência de desordens fisiológicas (Kays, 1997). O emprego de tecnologias de conservação pós-colheita, no entanto, requer inicialmente o conhecimento da fisiologia da maturação do fruto.

Dessa forma, estudos relacionados à identificação da variabilidade genética, e da fisiologia da maturação do umbu são necessários para o estabelecimento de métodos adequados que permitam reduzir as perdas pós-colheita e prolongar a vida útil desse fruto, ampliando, assim, suas possibilidades de mercado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a fisiologia da maturação e conservação pós-colheita do fruto do umbuzeiro, acesso umbu-laranja.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar a fisiologia da maturação do acesso umbu-laranja em diferentes estádios de maturação;
- Estudar as mudanças na coloração e nos carboidratos do acesso umbu-laranja durante o armazenamento;
- Avaliar a influência do emprego de atmosfera modificada associada à refrigeração, na conservação pós-colheita do acesso umbu-laranja em diferentes estádios de maturação.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 *Spondias*

O gênero *Spondias* pertence à família *Anacardiaceae* e possui 18 espécies distribuídas nos neotrópicos, Ásia e Oceania (Mitchell & Daly, 1995). No Nordeste brasileiro, destacam-se as espécies: *Spondias mombin* L. (cajazeira), *Spondias purpurea* L. (cirigueleira), *Spondias cytherea* Sonn. (cajaraneira), *Spondias tuberosa* Arr. Câm. (umbuzeiro) e *Spondias* spp. (umbu-cajazeira e umbugueleira). Essas consistem em árvores frutíferas tropicais, em geral, exploradas através do extrativismo, como a cajazeira e o umbuzeiro, ou em pomares domésticos e plantios desorganizados, conduzidos empiricamente como a cajaraneira, a cirigueleira, a umbugueleira e a umbu-cajazeira. Estas espécies produzem frutos do tipo drupa, de boa aparência, qualidade nutritiva, aroma e sabor agradáveis, os quais são muito apreciados para o consumo como fruto fresco ou processado na forma de polpa, sucos, doces, néctares, picolés e sorvetes (MARTINS & MELO, 2005).

A deficiência de tecnologias de produção de fruteiras tropicais consiste no principal obstáculo que é a exploração comercial, tanto para o mercado interno como para o externo (Pinto et al., 2003). A forma de propagação das *Spondias*, como a maioria das fruteiras tropicais, ocorre pelos métodos sexuais e assexuais (Campbell & Sauls, 1991). A enxertia, apesar de pouco estudada, vem apresentando resultados promissores na clonagem de cajazeira, umbu-cajazeira e umbuzeiro (SOUZA, 1998).

3.1.1 *Spondias tuberosa* Arruda Câmara

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), da família *Anacardiaceae*, é uma árvore de até 5m de altura, com copa que atinge cerca de 15 m de diâmetro (Pires e Oliveira, 1986). É nativa das regiões secas do Nordeste, apresentando uma ampla área de distribuição, ocorrendo desde o Ceará até o norte de Minas Gerais (Lorenzi, 1992). As folhas são pinadas, glabras quando adultas, com folíolos ovalados ou elipsóides, obtusos ou levemente cordados na base, agudos ou obtusos no ápice, com cerca de 4 cm de comprimento e 2 cm de largura (Braga, 1960). As inflorescências são do tipo panícula, geralmente com nove fascículos opostos e encerrando, em média, onze flores. Numa inflorescência, 50% das flores são hermafroditas e 50% são flores masculinas, com estigma e estilete rudimentares. Existem

evidências de polinização cruzada, efetuada por insetos, bem como parcelamento da abertura das flores numa mesma inflorescência (PIRES e OLIVEIRA, 1986).

A resistência do umbuzeiro à seca, está relacionada ao armazenamento de água e nutrientes nas raízes modificadas, ou xilopódios, onde ocorre o fechamento dos estômatos nos períodos mais quentes do dia, exercendo um controle na transpiração, reduzindo-a e promovendo acentuada economia de água (Lima Filho, 1995). Essa raiz tuberosa do umbuzeiro contém proteína, fibra bruta, lipídeos, tanino, amido, enxofre, fósforo, cálcio e magnésio (LIMA, 1996).

Segundo Duque (1980), o umbuzeiro tem preferência por regiões de precipitações entre 400 mm e 800 mm anuais, temperatura entre 12°C e 38°C e 2.000 a 3.000 horas de luz solar/ano. Não existem, contudo, na literatura, relatos de sua ocorrência em outras regiões do mundo.

O umbuzeiro é uma importante fruteira nativa da região Semi-Árida do Nordeste, cuja produção é estimada em mais de 300 kg de frutos por planta/ano, a qual constitui-se na principal fonte de renda para a maioria das famílias de pequenos agricultores que fazem seu extrativismo (CAVALCANTI et al., 2000).

Apesar de sua distribuição ser dispersa, o umbuzeiro se consagra como uma espécie frutífera de grande importância econômica, social e ecológica. O negócio agrícola com o umbu abrange desde a coleta ao processamento e comercialização, movimentando em torno de R\$ 6 milhões por ano, o que já desperta a atenção de agricultores mais estruturados para participarem deste mercado (ARAÚJO et al., 2000). Segundo dados do IBGE (2000), a produção brasileira de umbu foi de 10.207 t em 1999, onde a Bahia aparece como o principal estado produtor, seguindo-se Pernambuco.

Devido a essa importância social e econômica, a árvore do umbuzeiro tem sido estudada com relação à dispersão (Santos, 1997), propagação (Oliveira et al., 1989; Nascimento et. al, 1993), morfologia (Braga, 1976), anatomia da raiz (Lima, 1994) composição química do fruto (Narain et al., 1992) e identificação de voláteis (Thomazini, 2000; Galvão, 2002). Contudo, existe pouca informação sob aspectos de qualidade quanto à variabilidade genética dos seus frutos e, sobretudo, aqueles que envolvam a fisiologia e a conservação pós-colheita do fruto *in natura* utilizando atmosfera modificada e refrigeração.

Deve ser ressaltado o nível de variação fenotípica, constatado para as características do fruto, o que sugere a existência de alta variabilidade genética na família (SILVA et al., 1984). As pesquisas desenvolvidas com o umbuzeiro na Embrapa Semi-Árido, nesses últimos dez anos, têm avançado de modo que esse centro de pesquisa possui, hoje, banco de

Germosplasma de umbuzeiro mais representativo: são 78 diferentes tipos (acessos). Através desses estudos, foi possível encontrar frutos com peso que variavam de 4 a 100g e, até mesmo, umbu de cacho (penca com até 25 frutos). O estudo desses tipos de frutos já permitiu a geração de informações acerca do potencial produtivo que tem cada um deles, e consiste num trabalho dinâmico, resultando sempre na identificação de novos tipos, o que conduz a novos estudos (NASCIMENTO et al., 1999).

3.2 Desenvolvimento e Fisiologia da Maturação do Fruto

Os frutos são componentes essenciais da alimentação humana, devido o aporte significativo das vitaminas, minerais e carboidratos. Após a colheita, a estrutura do fruto se encontra mais susceptível à degradação e, uma vez desligado da planta, inicia-se um contínuo processo de modificações metabólicas que levam ao desenvolvimento de importantes características sensoriais, como: adoçamento, decorrente das transformações do amido em açúcares solúveis; diminuição da acidez e desaparecimento da adstringência; mudança de coloração, em consequência do desaparecimento da clorofila e a síntese de outros pigmentos; bem como transformações na textura, devido a solubilidade da lamela média e da parede celular (AWAD, 1993; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O ciclo vital de um fruto pode ser dividido nas fases de desenvolvimento, pré-maturação, maturação, amadurecimento e senescência. Estas fases abrangem os diferentes processos desde a formação até a morte do órgão. Entretanto, muitos processos se interrelacionam nessas fases, dificultando a clara distinção entre as mesmas (WATADA et al., 1984).

A maturidade fisiológica corresponde ao momento em que o fruto acumulou a maior parte das reservas. Quando esse estágio do desenvolvimento é atingido na planta, para um fruto climatérico, que ele deve ser colhido para o armazenamento, podendo amadurecer normalmente fora da planta, sem que isso venha interferir na qualidade final do fruto (MEDINA & MEDINA, 1981).

Quando os frutos são colhidos completamente maduros, são muito sensíveis a impactos e doenças, o que reduz ainda mais seu tempo de conservação pós-colheita. Quando são colhidos antes do amadurecimento e são imediatamente armazenados, apresentam baixa qualidade comestível, além de serem mais suscetíveis à perda de água e a desordens fisiológicas (SILVA, 2004).

Os açúcares solúveis mais comuns nos frutos são a frutose, glicose e sacarose, que, juntamente com os ácidos orgânicos fornecem a maior contribuição para o sabor do fruto (Seymour et al., 1993). A glicose e a frutose são originadas da degradação da sacarose e dos polissacarídeos de reserva como o amido. De acordo com Nultsch (2000), a degradação das hexoses fosfatadas ocorre na respiração. Segundo Esteves & Carvalho (1982), o aumento do grau de doçura durante a maturação está relacionado com a formação e o acréscimo contínuo de frutose em goiabas.

Em relação ao amadurecimento, esta é uma fase importante do desenvolvimento dos frutos, pois os torna palatáveis e comercialmente atrativos. Este é um processo complexo que envolve um grande número de alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares (Seymour et al., 1993; Kays, 1997). No amadurecimento, ocorrem processos anabólicos e catabólicos, à medida que os substratos são convertidos em moléculas mais simples e ATP, usado para dar suporte à intensa atividade metabólica (BIALE & YOUNG, 1962).

A degradação da clorofila é o processo predominante na mudança de cor dos frutos, que ocorre em função das mudanças de pH, de ácidos, do aumento dos processos oxidativos e da ação das clorofilases (WILLS et al., 1998).

Os ácidos orgânicos são produtos intermediários das vias metabólicas e estão diretamente envolvidos no crescimento, maturação, amadurecimento e senescência dos frutos (Clements, 1964). Os teores de ácidos orgânicos, com poucas exceções, tendem a diminuir com o amadurecimento, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares nos frutos (Biale, 1960). Sendo o período do amadurecimento de intensa atividade metabólica, os ácidos orgânicos também podem constituir uma eficiente reserva energética dos frutos, através de sua oxidação no ciclo de Krebs (ULRICH, 1970).

A diminuição da firmeza da polpa durante o amadurecimento é função, principalmente, da perda da integridade da parede celular. A degradação das moléculas poliméricas constituintes da parede celular, como celulose, hemicelulose e pectina, gera alterações na parede celular levando ao amolecimento da polpa. Outros processos, em menor extensão, também podem levar ao amolecimento dos frutos, como a degradação do amido e perda excessiva de água (Tucker, 1993). A atividade de enzimas, como as poligalacturonases e/ou celulases, é responsável pela degradação das paredes celulares, tendo as atividades aumentadas com o início do amadurecimento e senescência (MARTÍNEZ – TÉLLEZ et al., 1998).

Estas mudanças envolvem complexas transformações no metabolismo dos frutos, as quais são decorrentes do aumento da atividade enzimática e, no caso de frutos climatéricos,

estão associadas a mudanças da atividade respiratória e biossíntese do etileno. Uma vez iniciado o amadurecimento, têm seguimento os processos de senescência, período subsequente ao desenvolvimento do fruto, durante o qual o crescimento cessou e os processos bioquímicos degradativos substituem os de síntese, resultando na morte dos tecidos. Isso pode ocorrer antes ou após a colheita dos frutos. Não há, entretanto, uma distinção bem delineada entre amadurecimento e senescência (CHITARRA & CHITARRA, 2005; VENDRELL & PALOMER, 1997).

As principais alterações fisiológicas na senescência são: perda das características do aroma e sabor, por redução nos teores de açúcares e ácidos; aumento da transpiração com murchamento e perda da textura; perda de massa, devido ao efeito combinado da respiração e da transpiração; e redução no valor nutritivo (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

3.2.1 Processo respiratório

De acordo com Kays (1997), a respiração é o principal processo fisiológico que continua ocorrendo após a colheita, e, através dele, os materiais orgânicos, principalmente hidratos de carbono, são degradados em produtos mais simples com libertação de calor (calor vital) e produção de energia na forma de nucleotídeos trifosfato. Nesta reação é consumido oxigênio e produzido dióxido de carbono e água. Os produtos frescos não podem repor os hidratos de carbono ou a água depois da colheita. A respiração utiliza os hidratos de carbono (açúcares, ácidos orgânicos e lipídios) até estes se esgotarem, seguindo-se a senescência e a morte dos tecidos. A perda desses materiais orgânicos traduz-se na redução do valor nutritivo, perda do sabor característico, perda de peso e no início da senescência (TUCKER, 1993).

A intensidade da respiração é um dos fatores determinantes para a longevidade dos frutos, em pós-colheita. A intensidade do metabolismo dos frutos é medida pela taxa de respiração, e esta, quando mais elevada, resulta em taxas de degradação mais rápidas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O processo respiratório sofre grande influência dos fatores ambientais, sendo diretamente relacionado com a temperatura de armazenamento (Kays, 1997). Dependendo do produto, a redução da temperatura pode reduzir sensivelmente a taxa respiratória, como reflexo da redução da taxa metabólica, proporcionando um aumento no período de armazenamento do produto (PANTÁSTICO, 1975).

A atividade respiratória é naturalmente variável entre as diferentes espécies e estágios de desenvolvimento dos frutos. Quanto ao padrão de atividade respiratória no amadurecimento, os frutos são divididos em duas classes: climatéricos e não-climatéricos. São considerados frutos climatéricos aqueles que apresentam um aumento brusco da atividade respiratória durante o amadurecimento, enquanto que os não-climatéricos são aqueles em que o aumento da atividade respiratória durante o amadurecimento é ausente. Em geral, o amadurecimento está associado também ao aumento da produção de etileno. Os frutos climatéricos são distinguidos dos não-climatéricos, pelo incremento na respiração e na produção de etileno durante o amadurecimento (Leliève et al., 1997). Em frutos climatéricos o etileno é necessário para coordenar e completar o amadurecimento, afirma Giovannoni (2001).

Nos frutos não-climatéricos a respiração diminui durante o amadurecimento e as transformações bioquímicas que tornam o fruto maduro ocorrem de forma mais lenta. O amadurecimento só acontece se o fruto estiver aderido à planta, diferentemente dos frutos climatéricos que possuem a capacidade de amadurecer mesmo após a colheita (WILLS et al., 1998).

Em condições não controladas, as alterações ocorridas nos frutos climatéricos podem levar rapidamente à senescência, propiciando maior susceptibilidade dos tecidos ao ataque de microrganismos e à perda de umidade. Portanto, o controle do processo respiratório é primordial para a manutenção das características básicas dos frutos pós-colheita (GRIERSON, 1987).

O estágio de maturação na colheita também exerce grande efeito sobre a intensidade respiratória do produto. Por exemplo, mamão ‘Golden’ (Bron, 2006) e goiabas ‘Pedro Sato’ (Azzolini, 2003) colhidos em diferentes estádios de maturação, apresentam pico climatérico que variam à medida que o estágio é mais avançado.

3.2.2 Etileno

Os processos que envolvem a biossíntese e a ação de etileno são complexos, e dependem de várias condições endógenas e exógenas do vegetal. O etileno pode promover diferentes respostas em função do estágio de desenvolvimento, das condições ambientais e da espécie ou mesmo da variedade (LELIÉVE et al., 1997).

O amadurecimento, como todo o processo do ciclo vital dos vegetais, é regulado pelos fitormônios. Os níveis e a sensibilidade de um tecido ou célula para um ou mais

fitormônios é função do estágio de desenvolvimento e de inúmeros fatores ambientais (FLUHR & MATTOO, 1996).

O etileno, apesar de não ser o único fitormônio a atuar no processo de amadurecimento, é considerado o principal desta fase (Abeles et al., 1992). A interação entre os fitormônios promotores e inibidores é o fator básico controlador do amadurecimento. Segundo Vendrell e Palomer (1997), o etileno e o ácido abscísico, podem ser considerados promotores, enquanto giberilinas e citocinas são possíveis inibidores do amadurecimento.

Após a colheita, a continuidade dos processos metabólicos é dependente das reservas acumuladas pelo fruto durante o desenvolvimento. O amadurecimento de frutos é geralmente acompanhado pela mobilização dos carboidratos e proteínas, sendo que a intensidade destes processos pode ser regulada pelas condições ambientais a que o fruto é exposto, tais como temperatura e composição gasosa da atmosfera (PURVIS, 1997).

3.3 Conservação Pós-Colheita de Frutos

A vida útil pós-colheita dos frutos, dentre outras tecnologias, pode ser prolongada pelo armazenamento refrigerado (AR), uso de atmosferas modificadas (AM), e por atmosferas controladas (AC), contendo níveis mais elevados de dióxido de carbono (Smith, 1992) e baixas concentrações de oxigênio (WILLIS & KIM, 1995).

Na atmosfera controlada, os níveis dos gases da atmosfera são monitorados periodicamente e são ajustados de modo a manterem as concentrações desejadas. A mistura gasosa desejada é injetada das câmaras hermeticamente fechadas onde os produtos estão armazenados (ZAGORY & KADER, 1988).

Em condições de atmosfera modificada, os níveis dos gases presentes no ar não sofrem controle completo. A presença de uma barreira artificial à difusão de gases em torno da fruta ou hortaliça resulta em redução do nível de O₂, aumento do nível de CO₂, alteração das concentrações de etileno e vapor de água, e alterações de outros compostos voláteis. A magnitude dessas alterações é dependente da natureza e espessura da barreira, taxa respiratória do produto, relação entre massa do produto e área superficial da barreira, temperatura e umidade. Como a composição final da atmosfera não é controlada, mas resultante da interação de barreira, produto e ambiente, o termo AM é utilizado para diferenciar essa técnica da AC convencional (SMITH et al., 1987; CHRISTIE et al., 1995).

As condições ideais de conservação variam consoante o produto e correspondem às condições nas quais estes podem ser armazenados pelo maior espaço de tempo possível sem

que esse armazenamento se traduza numa perda apreciável dos seus atributos de qualidade tais como o aroma, o sabor e a textura (MORAIS, 1998).

Diversas tecnologias têm sido utilizadas para prolongar o período de armazenamento de espécies vegetais; em larga escala, comercialmente e normalmente, usa-se alterações do ambiente (modificação na concentração de O₂, CO₂, etileno e temperatura), ou podem-se utilizar substâncias absorvedoras de etileno, como o permanganato de potássio (KMnO₄). Embalagens de plástico flexíveis, papel ou a combinação delas, além de ceras e outros protetores, também são usadas na manutenção da vida útil pós-colheita de vegetais (LIMA, 2000).

Em geral, os efeitos sobre a respiração são considerados como o fator determinante para o prolongamento da vida útil de frutas e hortaliças sob atmosfera modificada (LANA & FINGER, 2000).

Em cirigueiras (*Spondias purpurea* L.) o uso de AM associada à refrigeração, permitiu um aumento significativo da vida útil pós-colheita, passando de 2 dias a 23°C para até 24 dias para o estágio de maturação amarelo predominante, a 10°C, mantendo os atributos de qualidade acima do limite de aceitação pelo consumidor por 16 dias de armazenamento (MARTINS, 2000).

3.3.1 Atmosfera Modificada (AM)

A armazenagem em AM é uma tecnologia versátil que é aplicada para uma grande quantidade de frutos (Jiang et al., 1999). De acordo com Neves et al. (2002), trabalhando com figo, o uso de embalagem de PEBD, associada ao AR, preserva a integridade dos frutos, possibilitando uma melhor manutenção dos seus atributos sensoriais.

Os sistemas com AM consistem, basicamente, no armazenamento de produtos vivos, em ambiente com níveis reduzidos de O₂ e elevados de CO₂, comparativamente ao ar. A AM, na maioria dos casos, reduz as taxas de respiração e produção de etileno, promovendo um retardamento na deterioração desses produtos (YAM & LEE, 1995).

A AM pode ser criada por meios ativos ou passivos. Na modificação passiva, a atmosfera é criada por meio da própria respiração do produto dentro da embalagem, até que se atinja um equilíbrio. No caso de uma modificação ativa, a atmosfera é criada inflando-se o espaço livre da embalagem com uma mistura gasosa pré-determinada, ou ainda por meio de um material, contido em um sachê ou incorporado diretamente à embalagem, capaz de promover alterações na composição gasosa. Em ambos os casos, uma vez que a atmosfera

modificada se estabeleça, ela é mantida por um equilíbrio dinâmico entre respiração e permeação dos gases através da embalagem (HOTCHKISS, 1995; YAM & LEE, 1995).

Os requerimentos de permeabilidade da embalagem variam em função das características do produto a ser acondicionado. Por exemplo, produtos com altas taxas de respiração requerem o uso de embalagens com elevadas permeabilidades à O_2 e CO_2 (Zagory & Kader, 1988). Para a obtenção de atmosfera modificada podem-se utilizar vários filmes flexíveis, tais como filmes de cloreto de polivinila (PVC) e polietileno de baixa densidade (PEBD) (Chitarra & Chitarra, 2005). Segundo Sarantópoulos & Soler (1989), a modificação da atmosfera por meio de filmes plásticos, pode retardar o amadurecimento dos frutos, através da alteração da concentração inicial dos gases presentes na embalagem (O_2 , CO_2 e etileno), sendo que a concentração depende de alguns fatores. Marsh (1988) define estes fatores como: taxa de permeabilidade a gases pela embalagem, hermeticidade da soldagem, relação área e volume da embalagem, presença de absorvedores de etileno e temperatura. Adicionalmente, o uso de filmes plásticos proporciona, não apenas a redução da perda de umidade, mas também aumenta a proteção contra danos mecânicos (Mosca et al., 1999). Com isso, o metabolismo do fruto é reduzido e sua vida pós-colheita pode ser prolongada substancialmente.

O estabelecimento de uma composição gasosa diferente da do ar, pela redução do nível de O_2 e elevação de CO_2 no interior da embalagem, pode resultar na redução da atividade metabólica do produto (Beaudry, 2004), portanto, um recurso efetivo no aumento da vida útil pós-colheita de frutos (Hardenburg et al., 1986), sendo mais evidenciada quando associada à refrigeração (KAYS, 1997).

O atingimento do equilíbrio na atmosfera modificada irá depender da taxa respiratória intrínseca do produto, mas também será grandemente influenciado pelos fatores externos como a temperatura, contaminação inicial do produto, tipo de filme ou embalagens, umidade relativa, quantidade do produto no interior da embalagem, área total do filme e nível de iluminação do ambiente de armazenamento (Beaudry, 2004). A combinação desses fatores necessitam ser otimizados para cada produto, a fim de que os benefícios da atmosfera modificada sejam alcançados (CANTWELL, 2002a, CANTWELL, 2002b).

3.3.2 Refrigeração e Umidade Relativa

A redução da temperatura é considerada um dos procedimentos mais eficientes em reduzir a taxa metabólica e, portanto, o aumento da vida útil de produtos colhidos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O emprego de temperaturas elevadas no armazenamento é limitante à qualidade dos frutos, pois aumentam a taxa respiratória e produção de etileno e calor vital, acelerando o amadurecimento e a senescência. Portanto, quanto mais rapidamente o produto for resfriado ainda no campo, mantendo-o sob baixa temperatura durante o processamento até o armazenamento, maior será a sua vida útil pós-colheita. Adicionalmente o produto deve ser mantido em temperaturas adequadas ao seu metabolismo logo após a sua preparação e toda cadeia de comercialização (CANTWELL, 2002a).

Frutos tropicais são geralmente sensíveis a baixas temperaturas, podendo exibir a disfunção fisiológica denominada dano pelo frio, resultando em perdas quantitativas e qualitativas pós-colheita (Wang, 1994). Esse processo ocorre quando os produtos são expostos a temperaturas inferiores à temperatura mínima de segurança (TMS), mas acima do ponto de congelamento. A TMS é variável para os diferentes produtos, indo de 0 a 15°C, e define a temperatura abaixo da qual os danos podem ocorrer, dependendo do tempo de exposição (Chitarra & Chitarra, 2005; Wang, 1993; Kluge et al., 2001). Os principais sintomas, que se tornam aparentes somente após a transferência do produto para temperaturas mais elevadas (Levitt, 1980), são a inibição do amadurecimento, do desenvolvimento e/ou modificação da cor, manchas escuras aprofundadas na casca, amadurecimento irregular, modificação na textura e no sabor e aumento da taxa de deterioração (Handerburg et al., 1986). A ocorrência de injúria pelo resfriamento em frutos é resultado do desequilíbrio entre o acúmulo e o colapso de substâncias tóxicas nas células, ou seja, em temperaturas críticas, o acúmulo de substâncias tóxicas é mais rápido do que sua degradação, danificando os tecidos (Bem-Aire et al., 1970). Os fatores mais importantes no processo do dano pelo frio são a temperatura e o tempo de exposição do produto, estágio de maturação, a cultivar, a elevada umidade relativa na colheita e no armazenamento (LEVITT, 1980).

Alta umidade relativa no ambiente de armazenamento é essencial para evitar enrugamento, perda de massa e subsequente perda dos componentes voláteis. Por outro lado, alta umidade relativa pode resultar no desenvolvimento de microorganismos (Zagory & Kader, 1988). A perda de água ocorre quando existe uma pressão de vapor mais baixa no

exterior do que no interior dos frutos (Grierson & Wardowski, 1978). Portanto, a temperatura e a umidade relativa estão intimamente ligadas ao controle de perda de umidade, uma vez que a umidade relativa diz respeito ao déficit de pressão de vapor de água (Neves Filho, 1985). Nesse sentido, a utilização de atmosfera modificada, pelo uso de filmes flexíveis, cria uma resistência à passagem de vapor de água, produzindo uma atmosfera interna com alta umidade relativa e exercendo, desta forma, um efeito protetor sobre a perda de água nos frutos (Ben-Yehoshua, 1985). Podendo ser mais eficiente quando associado à refrigeração (KAYS, 1997).

Nesse sentido, esse estudo busca avaliar as mudanças fisiológicas ocorridas durante o amadurecimento do aceso umbu-laranja, visando obter subsídios para o estabelecimento do estágio de maturação mais adequado para a colheita e armazenamento.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in Plant Biology**. San Diego: Academic Press, 414p, 1992.

ARAUJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; MOREIRA, J. N.; CAVALCANTI, N. de B. **Avaliação do índice de pegamento de enxertos de espécies de *Spondias* em plantas adultas de umbuzeiro**. Pesquisa em Andamento da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE, v. 100, n. 4, 2000.

ARAUJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F. Umbuzeiro dá vida a outras plantas e amplia alternativas para o Semi-Árido. Disponível em: < <http://www.cpatsa.embrapa.br> >. Acesso em: 10/09/02

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

BAUER, T.; KIM, J. The golden apple (*Spondias dulcis* Forst.) in the west indies: research, development and markets. **Interamerican Society Tropical Hort**, Honduras, v.36, p.26-35, 1992.

BEAUDRY, R. M. Modified atmosphere packaging. In: HARDENBURG, R. E; WATADA, A. E.; WANG, C. Y.; GROSS, K. **The Commercial storage of fruits, vegetables, and florists, and nursery stocks**. Washington, D.C., p. 456-567, 2004.

BEN-AIRE, R.; LAVEE, S.; GUELFAT-REICH, S. Control of woolly breakdown of 'Élberta' peaches in cold storage, by intermittent exposure to room temperature. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 95, p. 801-803, 1970.

BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film: A new postharvest technique. **HortScience**, Alexandria, v.20, n.1, p.32-37, 1985.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. E.; Bioquímica de la maduración de los frutos. **Endeavour**, Oxford, v.21, n.83/84, p.164-174, 1962.

BIALE, J. B. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Advance Food Research**, New York, v.10, p.293-354, 1960.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Natal: Ed. Universitária UFRN, 1960. 540p.

BRAGA, R. Cajarana. In: BRAGA, R. **Plantas do Nordeste especialmente do Ceará**. 3.ed. Mossoró: ESAM, 1976, p.102-103. (Coleção Mossoroense, 42).

CANTWELL, M. **The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry**. In: II Encontro Nacional sobre processamento mínimo de frutas e hortaliças. Universidade Federal de Viçosa - Viçosa - MG. 8 -10 de novembro de 2002a. Palestras.

CANTWELL, M. **Preparation and quality of fresh cut produce**. In: II Encontro Nacional sobre processamento mínimo de frutas e hortaliças. Universidade Federal de Viçosa - Viçosa - MG. 8 -10 de novembro de 2002b. ... Palestras.

CAMPBELL, C. W.; SAULS, J. W. **Spondias in Florida**. Florida: Florida Cooperative Extension Service/Institute of Food and Agricultural Sciences/ University of Florida, 1991. 3p. (Fruit Crops Fact Sheet. FC-63).

CAMPBELL, C. W. The purple mombin (*Spondias purpurea* L.), an underexploited tropical fruit. **Hortscience**, Alexandria, v. 23, p. 778, 1998.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M. ; BRITO, L. T. L.; OLIVEIRA, C. A. V. **Geração de renda no semi-árido do Nordeste brasileiro: o caso do extrativismo vegetal**. Economia Rural, Viçosa, MG, 2 (10), Abr./Jun., 1999.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Processamento do fruto do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 252-259, jan/mar., 2000.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortalças: Fisiologia e Manuseio**. 2ª ed Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. p. 783.

CLEMENTES, R. L. Organic acids in citrus fruits. I. Varietal differences. **Journal of Food Science**, Chicago, v.29, n.2, p.276-280, 1964.

COSTA, N. P. de; **Desenvolvimento, maturação e conservação pós-colheita de frutos de cajazeira (*Spondia mombim* L.)**- Dissertação de mestrado. Areia, PB, 1998.

COSTA, J. P. da; SILVA, S. M. de; MENDONÇA, R. M.N.; ALVES, R. E. **Armazenamento de umbuguela em diferentes estádios de maturação sob condições ambiente e refrigeração**. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais, João Pessoa - PB, 2005.

CHRISTIE, G. B. Y.; MACDIARMID, J. I.; SCHILEPHAKE, K.; TOMKINS, R. B.; Determination of film requirements and respiratory behaviour of fresh produce in modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v.6, p. 41-54, 1995.

DONADIO, L. C., NACHTIGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: Funep, 1998, p.43-44.

DUQUE, J.G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3.ed. Mossoró: ESAM, 1980. 316p.

ESTEVES, M. T. da C.; CARVALHO, V. D. Modificações nos teores de amido, açúcares e grau de doçura de frutos de seis cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Prática**, v. 6, n.2, p.208-218, 1982.

FLUHR, R.; MATTOO, A.K. Ethylene-Biosynthesis and Perception. **Critical reviews in Plant Sciences**, v.15, n.5/6, p. 479-523, 1996.

GALVÃO, M.S. **Estudo sobre a pós-colheita dos frutos de umbu (*Spondias tuberosa*) e umbu-cajá (*Spondias* sp.), com ênfase em compostos voláteis.** Dissertação, 160p. Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa- PB, 2002.

GIACOMETTI, D.C. **Recursos genéticos de frutas nativas do Brasil.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, BA.

GIOVANNONI, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology*, v.52, p. 725-749, 2001.

GRIERSON, W.; WARDOWSKI, W.F. Relative humidity effects on the post-harvest life in fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 13, n.5, p.22-26, 1978.

GRIERSON, D. Senescence in fruit. **HortScience**. Alexandria, v.22, n.5, p. 859-862, 1987.

HARDENBERG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and forest and nursery stocks.** Washington, USDA, 1986. 140p. (Agriculture Handbook, 66)

HOTCHKISS, J. H. Safety considerations in active packaging. In: ROONEY, M. L. **Active food packaging.** Glassgow: Chapman & Hall, p. 238 – 255. 1995.

JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.16, p.187-193. 1999.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products.** Athens, Avi, 1997, 532p.

KLUGE, R.A.; VITTI, M.C.D.; BASSETO, E.; JACOMINO, A.P. Temperatura de armazenamento de tangores 'Murcote' minimamente processados. **Rev. Bras. Fruticultura.**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 535-536, dezembro de 2001.

LELIÉVE, J.M.; LATCHE, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethylene and fruit ripening. **Physiology Plantarum**, v. 101, p. 727-739, 1997.

LANA, M. M.; FINGER, F.L. **Atmosfera modificada e controlada. Aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia - Embrapa Hortaliças, 2000.

LEDERMAN, I. E.; BEZERRA, J.E.F; ASCHOFF, M.N.A.; SOUZA, I.A.M.; MOURA, R.J.M. Oferta e procedência de frutas tropicais nativas e exóticas na Ceasa-Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Armas-BA. V.14. n.3. p. 203-209, 1992.

LEON, J.; SHAW, P. E. *Spondias*: the red mombin and related fruit. In: NAGY, S.; SHAW, P. E.; WARDOWSKI, W. F. **Fruits of tropical and subtropical: origin, composition, properties and uses**. Florida: Florida Science Source, p. 116-126, 1990.

LEVITT, J. **Responses of plants environmental stresses: chilling, freezing, and high temperature stresses**. Ed. 2. New York: Academic Press, 497p. 1980.

LIMA FILHO, J. M. P. Ecofisiologia do umbuzeiro I-Fotossíntese e Transpiração. **Anais: V Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal**, 1995, Lavras. p. 287-287, 1995.

LIMA, R. S. **Estudo Morfo-anatômico do sistema radicular de cinco espécies arbóreas de uma área de Caatinga do município de Alagoinha - PE**. Tese Mestrado. Recife, UFRPE. 103 p. 1994.

LIMA, L. F.do N.; FERREIRA, P.V. L., E. E. de. Caracterização dos frutos de populações de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arm.câm.) no sertão alagoano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1996, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: RBF, 1996.

LIMA, L F. do N.; ARAUJO, J. E.; VASQUEZ, A. C. de M. E. **Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.)**. Jaboticabal, p. 1-15, 2000. (Série Frutas Nativas, 6).

LIMA, E.D.P.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. **Umbu-cajá (*Spondias spp*): aspectos de pós-colheita e processamento**. João Pessoa: Editora Universitária / idéia, 57p.: il. 2002.

LOPES, W.F. **Propagação assexuada de cajá (*Spondias mombin* L.) e cajá-umbu (*Spondias spp*) através de estacas**. Areia, 1997. 47p. (Relatório final PIBIC – CNPq).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 352p, 1992.

MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F. de O.; FIGUEIREDO, R. W. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpa tropicais: matérias-primas**. Brasília: ABEAS, v.2, cap.22, p.219-224, 1998.

MARTINS, S.T.; MELO, B. ***Spondias* (Cajá e outros)**. Núcleo de estudos em fruticultura no cerrado, 2005.

MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A. et al. Atividade poligalacturonasa e firmeza em frutos de calabaza zucchini (*Cucurbita pepo* L.) armazenados a baixas temperaturas. **Revista Iberoamericana Tecnologia Postcosecha**, Cidade do México, v.1, n.1, p.70-74, 1998.

MEDINA, P. V. L.; MEDINA, R. M. T. Descrição bioquímica e fisiológica da maturação dos frutos de tomateiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v.28, n.155, p.1-7, 1981.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. Revisão das espécies neotrópicas de *Spondias* (Anacardiaceae). In: Congresso Nacional de Botânica, 46, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo:USP, 1995. p.207.

MORAIS, A M. M. B. **Armazenamento e transporte de produtos hortifrutícolas**, Curso de Tecnologia Pós-Colheita para Cooperativas e Fornecedores, organizado pela AESBUC e SONAE, 9- 10 Dezembro, 1998.

MOSCA, J. L.; MUGNOL, M. M.; VIEITES, R. L. **Atmosfera modificada na pós-colheita de frutas e hortaliças**. Botucatu: FEPAF, 1999. 28p.

MARSH, K. S. Modified atmosphere packaging in semi-permeable films: for better or for worse. In: Polymers, Laminations and Coatings Conference, Atlanta, 1988. **Proceedings...** Atlanta: Tappi Press, p. 431-434, 1988

NASCIMENTO, C. E. de S.; OLIVEIRA, V.R. de; NUNES, R.F. de M.; ALBUQUERQUE, T.C. de. Propagação vegetativa do umbuzeiro. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO E I CONGRESSO FLORESTAL PANAMERIVANO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS; SBEF, v.2, p. 454-456. 1993.

NASCIMENTO, C.E. de S.; SANTOS, C.A.F.; CAMPOS, C. de O. **Banco de germoplasma de umbuzeiro.** In: WORKSHOP PARA CURADORES DE BANCOS DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FRUTIFERAS, 1997, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.180-184, 1999.

NASCIMENTO, C. E. S. de; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de; DRUMOND, M. A. **Banco de Germoplasma do Umbuzeiro: novos acessos e avaliações preliminares aos oito anos de idade.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002. Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, v. 44, p. 255-259, 1992.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. de G. Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Boletim Técnico**, Universidade Federal de Lavras, ano XI, n. 127, Lavras, 2005.

NEVES FILHO, L. C. Perda de peso na estocagem de frutas e hortaliças. **Alimentos & Tecnologia**, São Paulo, v.1, m.4, p. 28-34, 1985.

NEVES, L.C.; RODRIGUES, A.C.; VIEITES, R.L. Polietileno de baixa densidade (PEBD) na conservação pós-colheita de figos cv. "Roxo de Valinhos". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.57-62, 2002.

NULTSCH, W. **Botânica geral**. Trad. De P. L. de Oliveira. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 489p.

OLIVEIRA, C.S.; SATO, A.; ESQUIBEL, M.A.; QUEIROZ, M.A.; OLIVEIRA, V. R. Propagação de *Spondias tuberosa* de Arr Cam. (umbu) através de cultura de tecidos. **Horticultura Brasileira**, v.7, n.1, p.69-72, 1989.

PANTÁSTICO, E.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975, 560p.

PINTO W.S.; DANTAS, A.C.V.L.; FONSECA, A.A.O.; LEDO, C.A.S.; JESUS, S.C.; CALAFANGE, P.L.P.; ANDRADE, E.M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1059-1066, set. 2003.

PIRES, I.E.; OLIVEIRA, V.R. de. **Estrutura floral e sistema reprodutivo do umbuzeiro**. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA, 1986. 2p. (Embrapa-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 50).

POPEONE, W. **Manual of tropical and subtropical fruits**. Hafnes Press. MacMillan Publishing Co. Inc. New York. U.S.A, 1976.

PURVIS, A.C. The role of adaptive enzymes in carbohydrate oxidation by stressed and senescing plant tissues. **Hortscience**, v.32, n.7, p. 195-168, 1997.

RUBBO, M.S. & GASPARETTI, L.A **Fruteiras silvestres e exóticas**. In: Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, n.3, p.18-25,1985.

SANTOS, C. A. Dispersão da variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 923-930, 1997.

SANTOS, C.A.F.; NASCIMENTO, C.E. de S.; CAMPOS, C. de O. Preservação da variabilidade genética e melhoramento do umbuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.21, n.2, p.104-109, 1999.

SARANTÓUPOLOS, I. G. L.; SOLER, R. M. Embalagens com atmosfera modificada/controlada. In: SARANTÓUPOLOS, I. G. L.; SOLER, R. M. **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos: embalagens flexíveis e semi-rígidas**. Campinas: Ital, 1989. Cap. 5, p. 104-140.

SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 450p, 1993.

SILVA, A. Q. da; SILVA, H.; NÓBREGA, J. P. da; MALVOLTA, E. Conteúdo de nutrientes por ocasião da colheita em diversas frutas da região Nordeste. **Anais: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 7, 1984, Florianópolis, v. 1, p.326-340. 1984.

SILVA, F. S. da. **Morfologia e fenologia de plantas de umbuguela (*Spondias* spp.) oriundos do Município de Princesa Isabel (Semi-Árido Paraibano)**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. 47 p. 1996.

SILVA, M. S. **Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita de manga 'Rosa' Tratada com 1-Metilciclopropeno e Minimamente Processada**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. 225 p.: il. Areia: 2004.

SMITH, S.; GEESON, J.; STOW, J. Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. **HortScience**, v. 22, n. 5, p. 772-776, 1987.

SMITH, R. B. **Controlled atmosphere storage of "Redcoat" strawberry fruit**. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, p.260-264, 1992.

SOUZA, F.X. ***Spondias* agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT / SEBRAE/CE, 1998. 28p. (Embrapa - CNPAT. Documentos, 27).

SOUZA, V. A. B. de; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L. **Perspectivas do melhoramento de espécies nativas do nordeste brasileiro.** Anais do 1º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Goiânia – GO, 2001.

SOUSA, J.C.; PRAÇA, E.F.; ALVES, R.E.; BEZERRA NETO, F.; DANTAS, F.F. Influência do armazenamento refrigerado com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal - SP, v.24, n.3, p. 665-668, dezembro, 2002.

STEPHENS, S.E. Some tropical fruits. The vi apple or hog plum. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v.44 p.625-626, 1935.

THOMAZINI, M.; FRANCO, M.R.B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Ciênc.Tecnol. Alim.** v. 34, p. 52-59, 2000.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening.** London: Chapman e Hall, cap.1, p. 2-51, 1993.

ULRICH, R. Organic acids. In: HULME, A. C. **The biochemistry of the fruits and their products.** London: Academic Press, p. 305-358, 1970.

VENDRELL, M.; PALOMER, X. Hormonal control of fruit ripening in climacteric fruits. **Acta horticulturae**, n. 463, p.325-334, 1997.

WANG, C. Y. **Chilling injury of horticultural crops.** Boca Raton: CRC Press, 1990.

WANG, C. Y. Chilling injury of horticultural commodities. **HortScience**, Alexandria, v.29, n.9, p. 986-988, 1994.

WATADA, A.E.; HERNER, R.C.; KADER, A.A.; ROMANI, R.J.; STABY, G.L. Terminology for the description of developmental stages of horticultural crops. **HortScience**, v. 19, n. 1, p. 20-21, 1984.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHMAM, D.; JOYCE, D. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales.** Trad. De J.B. Gonzáles. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 240p, 1998.

WILLIS, R. B. H.; KIM, G. H. **Effect of ethylene on postharvest life of strawberries.** **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.6, p.249-255. 1995.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v.42, n.9, p. 70-77, 1988.

YAM, K.L.; LEE, D.S. Desing of modified atmosphere packaging for fresh produce. In: ROONEY, M.L. **Active food pack**

Capítulo II

Fisiologia da Maturação do Acesso

Umbu-Laranja (*Spondias Tuberosa* Arruda Câmara)

FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO DO ACESSO UMBU-LARANJA (*SPONDIAS TUBEROSA* ARR. CAM.)

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a fisiologia da maturação de frutos do umbuzeiro do acesso umbu-laranja em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram provenientes da propriedade Mendonça II, localizada no município de Juazeirinho-PB, micro-região do Brejo Paraibano, colhidos em quatro estádios de maturação: Totalmente Verde (TV), Verde Claro (VC), Verde Amarelado (VA) e Amarelo esverdeado (AE). O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em Areia-PB. Os frutos foram avaliados quanto à atividade respiratória, massa fresca, percentagens de casca, semente e polpa, comprimento, diâmetro, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, ácido ascórbico, clorofila total, carotenóides totais, açúcares redutores e totais, amido e aparência geral. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em três repetições de 36 frutos/rep. Para a avaliação dos dados utilizou-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidade. O umbu-laranja apresentou comportamento respiratório típico de fruto climatérico. A firmeza diminuiu com o avanço da maturação, à medida que a coloração evoluía. Os sólidos solúveis e o conteúdo de açúcares totais aumentaram. A acidez titulável foi mais elevada para o fruto totalmente verde (TV), diminuiu para os estádios subsequentes, aumentando no último estágio avaliado, o amarelo esverdeado (AE). Não houve diferença significativa para o conteúdo de ácido ascórbico, assim como, para a aparência global em relação aos estádios de maturação. O conteúdo de clorofila total declinou enquanto que o de carotenóides totais aumentou à medida que a maturação avançava. Baseado nas mudanças das características físicas e físico-químicas sugere-se que o estágio de maturação em que o fruto apresenta-se verde amarelado pode ser o mais indicado para a colheita visando o armazenamento. Visando o consumo imediato do fruto *in natura*, o fruto mais indicado para a colheita é o do estágio de maturação amarelo esverdeado.

Palavras Chaves: *Spondias*, fisiologia da maturação, qualidade, ácido ascórbico, estágio de maturação

MATURATION PHYSIOLOGY OF ORANGE-UMBU ACCESS (*SPONDIAS TUBEROSA* ARR.CAM.)

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the maturation physiology of fruits of the umbu tree, access orange-umbu fruit. Fruits were harvest from the property Mendonça II, located at Juazeirinho Municipal District, Paraíba (PB) State, Brazil, Micro-region of Brejo Paraibano, in four maturity stages: Totally Green (TV), Light Green (VC), Green-Yellowish (VA) and Yellow- Greenish (AE). The experiment was carried out in the Laboratorio de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita of the Centro de Ciências Agrárias of UFPB, in Areia-PB. Fruits were evaluated for respiratory rate, weight, percentage of peel, seed, and pulp, length, diameter, firmness, soluble solids (SS), titratable acidity (AT), pH, ascorbic acid, total chlorophyll, total carotenoids, reducing and total sugars, starch, and general appearance. The experimental design was the completely randomized, in three replications of 36 fruits/rep. Data were submitted to variance analysis and the means to the Tukey test at 5% of probability. Fruits of the orange-umbu access respiratory pattern indicative of a climacteric-type fruit. Fruit firmness decreased as maturation progressed, as coloration was intensified. The SS and total sugar contents increased. The titratable acidity was higher for fruit totally green (TV) fruit, which decreased for the subsequent maturity stages, increasing afterwards for the last stage (AE). There was no significant difference for the ascorbic acid content, as well as for the global appearance in relation to maturity stages. The total chlorophyll content decreased, while the total carotenoids increased as the maturation moved forward. Based on changes on the physical and physical-chemical characteristics, it suggests that the maturity stage green-yellowish can be the most suitable for harvesting seeking fruit storage. For the immediate consumption of *in natura* fruit, the yellow-greenish maturity stage is the most suitable.

Key words: *Spondias*, maturation physiology, quality, ascorbic acid, maturity stage

1. INTRODUÇÃO

Há uma tendência mundial de aumento no consumo de frutos tropicais, tanto pelos seus valores nutricionais, como também pelas suas características organolépticas, incluindo o aroma e sabor exótico e característicos (SILVA et al., 1984; FRANCO & SHIBAMOTO, 2000).

A região Nordeste brasileira destaca-se pela produção de diversos frutos tropicais e subtropicais devido, principalmente, as condições favoráveis para seu cultivo, tais como temperatura, luminosidade e umidade relativa. Existe uma grande diversidade de espécies frutíferas nativas e exóticas com enorme variabilidade genética resultando em variado acessos dos mesmos. No entanto, a produção desses frutos encontra-se sub-explorada pela falta de informações científicas e tecnológicas, principalmente referente à fisiologia da maturação (GOMES, 1975; CAVALCANTI, 1976; FERREIRA et al., 1987).

Dentre essas frutíferas destaca-se o umbuzeiro, *Spondias tuberosa* Arr. Cam., pertencente à família Anacardiaceae, que é uma planta xerófita, caducifólia, endêmica do semi-árido brasileiro (Prado e Gibbs, 1993). Há relatos de vários autores quanto à sua elevada variabilidade genética, destacando aspectos de plantas com grandes diferenças nos frutos quanto ao tamanho, forma, coloração, sabor e presença de pilosidade (Lima et al., 2000). Barbosa et al. (1989), em estudo pomológico de plantas de umbu em regiões do Cariri Paraibano, citam os tipos Umbu Taperoá, Umbu Barra de Santa Rosa, Umbu Texeira e Umbu Laranja, como comercialmente promissores.

Diversos fatores influenciam na fisiologia e nas características físicas e físico-químicas de frutos, dentre os quais se destacam a constituição genética, condições edafoclimáticas, tratos culturais e tratamento pós-colheita (SANTOS, 1996; LOPES, 1997).

O potencial socioeconômico e a demanda de pesquisas em espécies frutíferas nativas, como o umbu, têm sido avaliados. Nesse enfoque, a oferta de novas alternativas de frutas frescas para o consumo *in natura* e matéria-prima para as agroindústrias constituem uma preciosa fonte de alimentos e geração de emprego e renda para pequenos agricultores (GIACOMETTI, 1993; MORAES et al., 1994; SOUZA, 2001).

A caracterização de frutos nativos sub-explorados permite identificar genótipos potencialmente úteis com produção de frutos tanto para consumo *in natura*, quanto para processamento (Souza, 2001). Alguns atributos devem ser levados em consideração quando se pretende avaliar a qualidade de frutos. Entre eles estão: aparência (tamanho, forma, ausência de defeitos e cor), valor nutritivo e textura. Grande parte destes atributos sofre

modificações físico-químicas e bioquímicas na pós-colheita, tornando-se necessário o conhecimento da fisiologia do fruto (Nunes, 2003), para permitir o desenvolvimento de tecnologias que propiciem a agregação de valor, mas que sejam acessível ao pequeno agricultor.

O conhecimento do padrão respiratório de um fruto é fundamental no controle do amadurecimento, pois várias reações acopladas ao processo respiratório são responsáveis pela síntese de inúmeros compostos, como pigmentos e fenólicos (Vitti, 2004). Porém, a intensidade da respiração é também relacionada à vida útil pós-colheita dos frutos, provocando modificações profundas nos constituintes químicos, principalmente em condições não controladas, levando à perda de umidade e à rápida senescência, interferindo assim, na qualidade do fruto (WILLS et al., 1981).

O acompanhamento das modificações fisiológicas e físico-químicas pós-colheita permite selecionar um método de conservação mais adequado, assim como decidir o melhor momento para a colheita, visando o consumo *in natura* ou a industrialização, já que o estágio de maturação, no qual os frutos são colhidos, determina a qualidade dos mesmos.

Portanto, tendo em vista a limitação de dados sobre a fisiologia da maturação de acessos de umbu, justifica-se desenvolver um trabalho com o objetivo de avaliar essa fisiologia e as modificações nas características físicas e físico-químicas do acesso umbu-laranja pós-colheita.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de abril a agosto de 2006, no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado na cidade de Areia – PB. Os frutos do acesso umbu-laranja utilizados foram adquiridos na propriedade Mendonça II, situada no município de Juazeirinho – Paraíba, mesoregião da Borborema. A altitude local é de 553m situando-se entre as coordenadas geográficas 7°04'13.22'' Sul e 36°34'28.23'' Oeste.

2.1 Instalação e condução do experimento

Os frutos foram colhidos manualmente, em quatro estádios de maturação e pré-selecionados nos locais da coleta, levando em conta a ausência de defeitos aparentes (manchas, doenças e danos) e uniformidade quanto ao tamanho. O acondicionamento dos frutos para o transporte foi realizado em caixas de plástico para 20 Kg, revestidas com plásticos bolha, de maneira a evitar escoriações e levadas imediatamente ao Laboratório, onde o experimento foi conduzido. Em seguida, os frutos foram submetidos à lavagem com água, e como tratamento antifúngico, foram imersos em uma solução de hipoclorito de sódio comercial a 0,5%, permanecendo nesta solução por cerca de 10 minutos, logo depois foram enxaguados com água destilada, a fim de retirar o cloro residual, e finalmente secos ao ar.

Os frutos do umbuzeiro-laranja foram classificados de acordo com a coloração da casca (Figura 1.2), através de seleção visual, definindo-se quatro estádios de maturação:

- 1- **TV**: fruto totalmente verde, túrgido, firme, superfície lisa e brilhante;
- 2- **VC**: fruto verde claro, com transição da cor verde para dar início a cor característica do fruto (ainda não definida), túrgido, firme, superfície lisa e brilhante;
- 3- **VA**: fruto verde amarelado, com 50% da cor verde e 50% amarela, túrgido, pouco firme, superfície lisa e brilhante;
- 4- **AE**: fruto pouco túrgido, perda completa da firmeza, polpa líquida, superfície lisa amarela esverdeada e brilhante.



Figura 1 - Umbu-laranja colhido em quatro estádios de maturação, TV (totalmente verde), VC (verde claro), VA (verde amarelado), AE (amarelo esverdeado).

O trabalho foi conduzido em dois experimentos:

Experimento I: Avaliação da taxa respiratória do umbu-laranja

Para a determinação da atividade respiratória, aproximadamente 500 g de frutos foram acondicionados em recipientes herméticos, de vidro, com tampa de plástico e vedadas com silicone, sendo três repetições para cada estágio de maturação.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições, sendo os tratamentos os 4 estádios de maturação.

Experimento II: Caracterização física e físico-química do acesso umbu-laranja

Para as determinações físicas e físico-químicas, três repetições de 10 frutos do estágio **TV**, 7 frutos dos estádios **VC** e **VA**, e 5 frutos do estágio **AE**, foram avaliadas quanto ao peso, diâmetro, comprimento longitudinal, firmeza, coloração subjetiva, rendimento, avaliação subjetiva de aparência, pH, conteúdo de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares redutores (AR), açúcares solúveis totais (AST), amido, ácido ascórbico, clorofila e carotenóides.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições, sendo os tratamentos os 4 estádios de maturação.

2.2 Avaliações

Atividade respiratória. A produção de CO₂ (em mg CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹) foi determinada em triplicata (~ 500 g/repetição) para frutos em diferentes estádios de maturação, à temperatura ambiente (24 ± 2 °C) e ventilados com um suprimento de ar desumidificado, proveniente de um compressor e livre de CO₂ numa vazão de 10 mL.min⁻¹ (Martins, 2000; Yamashita et al., 1997). Os frutos foram colocados nos recipientes aproximadamente 12 h após a colheita, sendo a leitura realizada a cada duas horas. A produção de CO₂ foi obtida através de cálculos estequiométricos.

Peso Fresco (g) - Realizado através de pesagem individual de cada fruto em balança semi-analítica;

Diâmetro e Comprimento longitudinal (mm) - Foram determinados através de medições diretas, com auxílio de paquímetro, colocando-o em posição perpendicular e paralela aos eixos do fruto;

Firmeza (N) - Determinada individualmente em dois pontos do fruto íntegro, com penetrômetro Magness Taylor Pressure Tester (DRILL PRESS STAND, CANADÁ), região de inserção de 2/16 polegadas, expresso em Newton;

Rendimento (%) - Através de pesagem direta em balança analítica, para avaliação média do peso do fruto, bem como as proporções de polpa, semente e casca;

Sólidos Solúveis (%) - Os valores de sólidos solúveis foram determinados através da leitura refratométrica direta, com o refratômetro tipo Abbe digital, marca ATAGO - N1;

pH - Medido em potenciômetro, com eletrodo de membrana de vidro calibrado com soluções de pH 4,0 e 7,0, conforme AOAC (1984);

Acidez Titulável (% ácido cítrico) - A acidez titulável foi determinada por titulometria com hidróxido de sódio 0,1N utilizando-se fenolftaleína a 1% como indicador (Instituto Adolfo Lutz, 1985);

Açúcares Redutores, Açúcares Totais e Amido (g.100⁻¹ polpa). Os teores de açúcares redutores, totais e amido foram obtidos de acordo com o método descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). Este método baseia-se na oxi-redução da solução de Fehling, através da utilização de glicose para padronização dessa solução;

Ácido Ascórbico (mg.100 g⁻¹) - O percentual de ácido ascórbico foi determinado por titulação com 2,6-diclofenol-indofenol (DFI) a 0,1%, padronizada com ácido oxálico,

conforme metodologia descrita por AOAC (1984), e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de amostra;

Clorofila Total (mg.100 g⁻¹ da amostra) - Foi pesado 1 g da casca e triturada em almofariz com areia calcinada na presença de 5 mg de CaCO₃ e 10 ml de acetona 80% e, deixando extrair por 24 h no escuro a 4 °C, de acordo com modificações do método de Arnon (1985) por Silva (2004). Sendo quantificada a partir de espectrofotômetro (645, 642 e 663 nm) e os resultados calculados de acordo com Inskeep & Bloom (1985);

Carotenóides Totais (µg.100 g⁻¹ da amostra) - Determinadas na casca do fruto de acordo com Silva (2004) adaptado de Higby (1962);

Avaliações subjetivas de cor e da aparência - Realizada por 5 provadores não treinados, utilizando-se escala subjetiva variando de 1 a 7, para cor e de 1 a 6 para aparência, conforme descrito abaixo.

Escala subjetiva de cor:

1= Fruto totalmente verde, com pigmentação uniforme e intensa, fisiologicamente desenvolvido;

2 = Fruto com sinais de transição da cor verde;

3 = Fruto com tonalidade verde amarelado, com predominância do verde;

4 = Fruto 50% verde e 50% amarelo;

5 = Fruto amarelo esverdeado com 40% verde e 60% amarelo;

6 = Fruto amarelo predominante, com leves tons de verde;

7 = Fruto predominantemente amarelo.

Escala subjetiva de aparência:

1 = Perda completa da turgidez, superfície murcha e enrugada, desenvolvimento de microorganismos, senescência avançada;

2 = Perda da turgidez, início de murchamento, pouco brilho aparente, presença de manchas escuras, sintomas de senescência;

3 = Fruto pouco túrgido, início de murchamento, sem brilho aparente, início de surgimento de manchas e dano físico;

4 = Fruto perdendo a turgidez, perda de brilho, aparência pouco atrativa, ausência de doenças, manchas ou dano físico;

5 = Fruto túrgido, superfície lisa e brilhante, ausência de manchas escuras ou doenças;

6 = Fruto fresco, túrgido, superfície lisa e brilhante, atrativo, ausência de manchas escuras ou doenças.

Análise Estatística. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e apresentando significância, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Atividade Respiratória

A produção de CO₂ do acesso umbu-laranja apresentou um comportamento típico de fruto climatérico (Figura 2). O surgimento do pico respiratório foi dependente do estágio de maturação. Frutos colhidos no estágio de maturação totalmente verde (TV) apresentaram pico respiratório da ordem de 240 mg de CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹ aproximadamente 2,5 dias após a colheita. Para frutos colhidos no estágio verde claro (VC), pico respiratório da ordem de 180 mg de CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹ foi observado aproximadamente 24h após a colheita. Para frutos colhidos verde amarelado (VA), o pico respiratório foi de 220 mg de CO₂.Kg⁻¹.h⁻¹, sendo observado aproximadamente 12 h após a colheita. Frutos colhidos no estágio amarelo esverdeado (AE), por outro lado, não apresentaram pico respiratório indicando que esse já se encontrava em estágio de maturação avançado, tendo, provavelmente, apresentado um pico respiratório em período anterior a 12h do início da determinação da taxa respiratória.

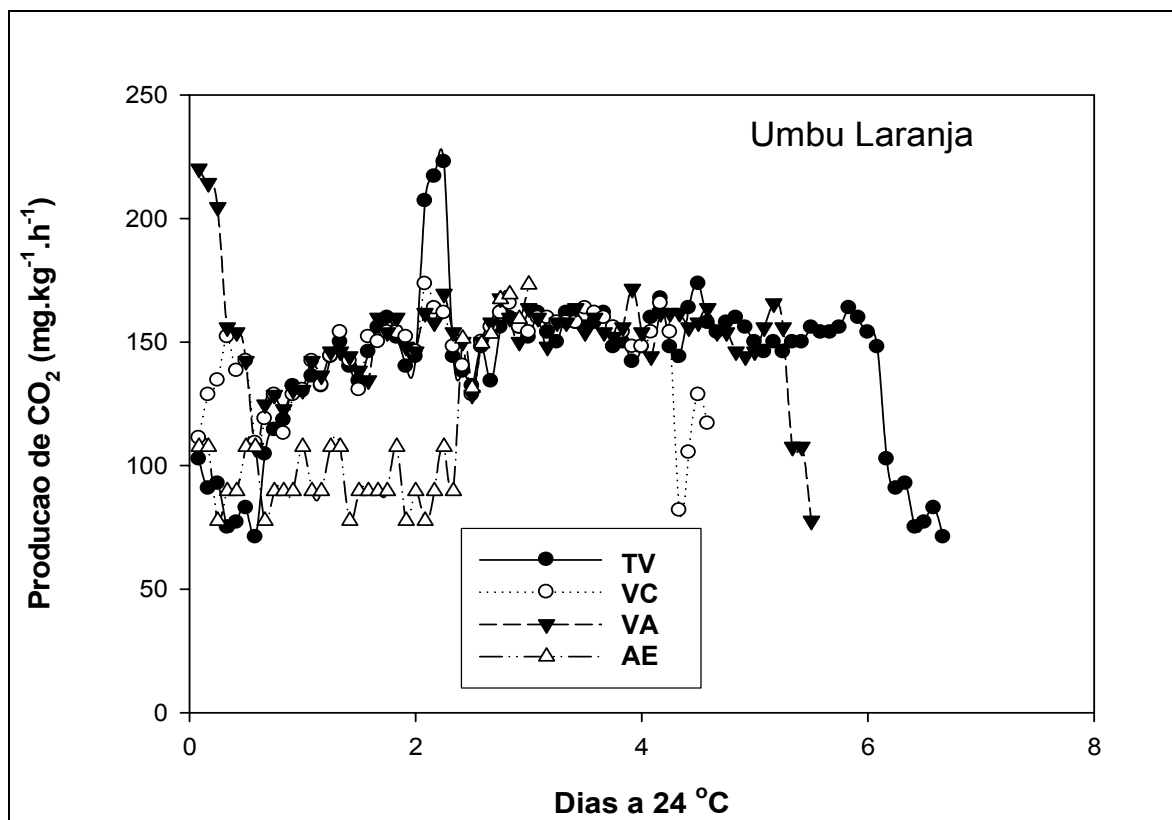


Figura 2 - Produção de CO₂ de umbu laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), determinada a 24 ± 2°C, iniciando-se aproximadamente doze horas após a colheita (Areia – PB, 2006).

Características Físicas

O peso fresco do umbu-laranja (Tabela 1) aumentou à medida que a maturação avançava, mas estabilizou-se a partir do estágio verde amarelado (VA). Os valores médios de peso fresco dos frutos, para os quatro estádios de maturação foram 12,96 (TV), 19,6 (VC), 26,9 (VA) e 27,28 g (AE). Os estádios VA e AE, apresentaram pesos frescos mais elevados em relação aos outros estádios, mas não diferiram estatisticamente entre si. Os valores encontrados, no entanto, são superiores aos reportados por vários autores para o peso fresco do umbu (SILVA et al., 1987; SILVA et al., 1988; SILVA et al., 1990), o que pode ser decorrente das características específicas do acesso de umbu estudado nesse trabalho, que produz frutos maiores. Em dados reportados por Costa et al., (2004), o peso fresco obtido, para quatro estádios de maturação de umbu, foram: 11,51 g (I); 15,64 g (II); 16,31 g (III); 13,96 g (IV), sendo os estádios I, II, III e IV, respectivamente, verde (coloração externa totalmente verde escuro), de vez (50% verde), maduro (coloração

verde-amarelada) e maturação avançada (início de deterioração), todos inferiores aos valores obtidos neste trabalho para o acesso umbu-laranja. Porém, Lopes et al., (2006) caracterizando seis diferentes acessos de umbu, no estágio maduro (estádio **VA**), encontraram frutos com pesos que variaram de 14,15 g a 79,72 g. Adicionalmente, em avaliação de acessos presentes no Banco de Germoplasma do Umbuzeiro, Nascimento et al., (1999) apresentaram peso fresco de frutos variando entre 4,88 g a 96,70 g, confirmando a grande variabilidade existente para este parâmetro dentro da mesma espécie. Esta variabilidade genética decorre, principalmente, da propagação seminífera predominante para esta planta.

O aumento gradativo do peso fresco durante a maturação ocorre, possivelmente, devido a maior distribuição e acúmulo de fotoassimilados (açúcares e carboidratos de reserva) (Carvalho & Nakagawa, 2000). Esse aumento é evidenciado pela elongação das células e pelo espessamento da parede celular, sendo favorecido pelo rápido acúmulo de água que ocorre, quando a maturidade fisiológica é atingida (AWAD, 1993; LOMBARDI et al., 2000).

O peso médio de frutos é uma característica importante para o mercado de frutos frescos, uma vez que os frutos mais pesados são também os de maiores tamanhos, tornando-se mais atrativos para os consumidores.

TABELA 1 – Peso fresco, comprimento, diâmetro e firmeza do acesso umbu-laranja em quatro estádios de maturação

Estádio de Maturação	Peso Fresco (g)	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Firmeza (N)
TV	12,96c	30,6c	24,5c	26,06a
VC	19,6b	33,2b	27,7b	16,47b
VA	26,9a	35,7a	31,7a	10,67b
AE	27,28a	35,5a	30,3a	4,29c
CV	3,05	4,80	7,93	21,4

Totalmente verde (TV); Verde Claro (VC); Verde amarelado (VA); Amarelo esverdeado (AE); Coeficiente de variação (CV); Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

Os parâmetros comprimento e diâmetro dos frutos do umbuzeiro-laranja também aumentaram gradativamente durante a maturação, até que os estádios **VA** e **AE** fossem atingidos os quais não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 1).

De acordo com Lopes et al. (2006), o diâmetro de frutos de seis diferentes acessos de umbu variou de 27,40 a 37,10 mm, enquanto o comprimento variou de 29,0 a 41,80 mm, apresentando, em ambos os casos, dimensões superiores aos do fruto deste estudo. Por outro lado, Costa et al. (2004) obtiveram diâmetros e comprimentos, respectivamente: de 24,9 e 31,7 (I), 26,3 e 31,8 (II), 28,2 e 33,1 (III) e 28,9 e 32,8 (IV) mm, sendo estes valores inferiores aos obtidos para o acesso umbu-laranja nesse trabalho (Tabela 1).

O tamanho do fruto, embora seja bastante utilizado como índice de maturidade, pode variar largamente com as condições edafoclimáticas (Hulme, 1970). No entanto, a avaliação desse parâmetro é bastante importante para a classificação, embalagem e transporte dos frutos e nas operações de processamento, pois facilita as operações de corte, descascamento ou de obtenção de produtos uniformes (KAYS, 1997; CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A firmeza dos frutos declinou acentuadamente à medida que a maturação evoluía. O declínio mais acentuado foi observado entre os estádios **TV** e **VC**, diminuindo também, significativamente, do estágio **VA** para o **AE** (Tabela 1). Para Lopes et al., (2006), a firmeza variou de 4,17N a 11,67N nos seis genótipos diferentes de umbu, colhidos no estágio verde amarelado.

A firmeza é determinada pela estrutura e comportamento do tecido de um fruto, de modo que sofre influência do formato, do tipo de células, de sua organização, do turgor celular, da estrutura e composição da parede celular e da adesão entre células (Hallett & Harker, 1996). Segundo Kader (1986), a perda de firmeza contínua, durante os estágios finais de desenvolvimento, é uma característica do processo de maturação dos frutos. A perda da firmeza é resultado da degradação dos polímeros da parede celular por enzimas que têm suas atividades geneticamente programadas e sincronizadas com os processos de maturação e de amadurecimento (KAYS, 1997; PANTÁSTICO et al., 1984).

Observou-se maior percentagem de polpa para os frutos do estágio **AE**, não se observando diferença entre os demais estádios de maturação (Figura 3). Resultado semelhante foi encontrado por Cavalcanti et al., (2000) para umbu, que verificaram rendimento em polpa entre 62 e 75% de acordo com o estágio de maturação. Galvão (2002) obteve 57,9% e Ribeiro et al., (2005) verificaram um rendimento mais elevado, de 87,21%, similar ao reportado por Lopes et al., (2006), (87,78%), aproximadamente ao encontrado neste trabalho para umbu-laranja. Costa et al., 2004, observaram que o rendimento de polpa do fruto aumentou proporcionalmente do estágio verde (59,07%) para frutos de maturação avançada (71,44%), sendo que este não diferiu estatisticamente do

fruto maduro. Ainda segundo esse autor, o rendimento em polpa de 69% em frutos maduros, nessa espécie, é considerado alto e vantajoso para a indústria, já que representa rendimento industrial elevado e, conseqüentemente, mais retorno financeiro. Portanto, o acesso umbu-laranja estudado seria um fruto promissor para processamento, já que seu rendimento de polpa é bastante elevado.

As percentagens de casca e caroço também apresentaram diferenças significativas, porém as proporções dessas partes do fruto diminuem com o amadurecimento (Figura 3.2). Os resultados em quatro estádios de maturação obtidos para a casca e caroço foram: 18,51 e 14,82% (TV), 23,01 e 10,6% (VC), 34,85 e 9,8% (VA), 16,67 e 9,27% (AE), respectivamente. Esses valores estão na faixa reportada por Mendes (1990) e Silva et al. (1987), as quais verificaram que o fruto do umbuzeiro constitui-se, em média, de 10% de caroço, 22% de casca e 68% de polpa.

Lopes et al. (2006), obtiveram valores entre 3,47 a 7,51% de casca e 1,28 a 3,35% de caroço em seis acessos de umbu, dados, no entanto, inferiores aos encontrados para o umbu-laranja neste trabalho.

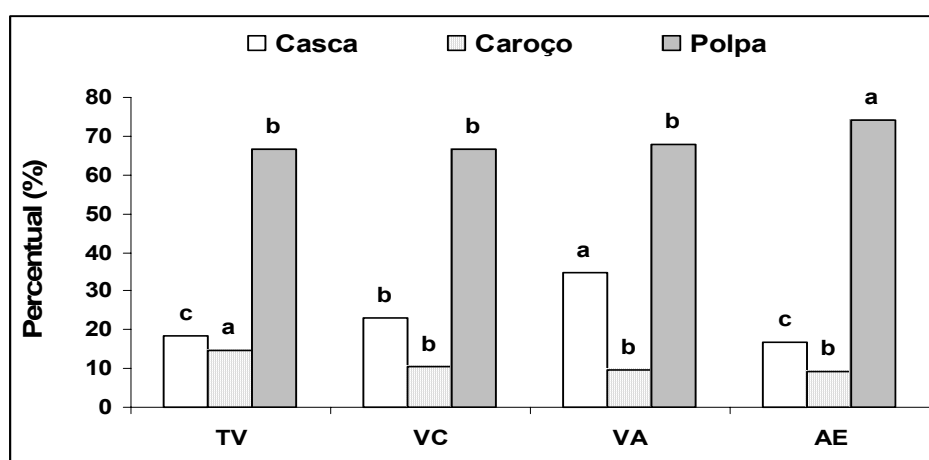


Figura 3 – Percentual de polpa, casca e caroço de frutos do acesso umbu-laranja, colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA), amarelo esverdeado (AE). Médias seguidas de mesma letra em cada estágio de maturação não apresentaram diferença estatística.

Características Físico – Químicas

O conteúdo de sólidos solúveis (SS) aumentou de 8,1% para 9,9% durante a maturação (Tabela 2), porém estatisticamente não houve diferença significativa entre estádios de maturação. Valores semelhantes para os SS foram encontrados por Lima et al., (1990), assim como os obtidos por Costa et al.,(2004): 7,3; 8,9; 10,10; 10,0 para os estádios I, II, III, e IV, respectivamente, conforme descritos anteriormente. Porém Galdino et al. (2005), obtiveram teores de SS superiores aos encontrados neste trabalho, 11,73 e 11,6 %, respectivamente.

O teor de sólidos solúveis fornece um indicativo da quantidade de açúcares presente nos frutos, embora outras substâncias, embora em menores proporções, também estejam dissolvidas. Durante a maturação o teor de sólidos solúveis totais tende a aumentar devido a biossíntese de açúcares solúveis ou a degradação de polissacarídeos, a exemplo do amido (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

TABELA 2 – Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), potencial hidrogeniônico (pH) e ácido ascórbico do acesso umbu-laranja em quatro estádios de maturação.

Estádio de Maturação	SS (%)	AT (%)	pH	Ác. Ascórbico (mg.100g⁻¹)
TV	8,1a	0,759a	2,63ab	37,69a
VC	8,23a	0,431ab	2,73a	24,66a
VA	9,57a	0,355b	2,78a	35,61a
AE	9,9a	0,774a	2,58b	42,47a
CV	7.97	14.13	1.98	19.54

Totalmente verde (TV); Verde Claro (VC); Verde amarelado (VA); Amarelo esverdeado (AE); Coeficiente de variação (CV). Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

A acidez titulável (AT) do umbu-laranja foi mais elevada para o fruto totalmente verde, a qual diminuiu para os estádios subsequentes e aumentou no estádio de maturação (AE) (Tabela 2). Esse comportamento foi inverso ao do pH. Segundo Chitarra & Chitarra (2005), durante o amadurecimento a maioria dos frutos perde rapidamente a acidez, mas em alguns casos, como para o umbu-laranja observou-se um aumento nos teores, com o amadurecimento. O declínio da acidez durante a maturação, ocorre, provavelmente em decorrência da transformação dos ácidos em outros componentes do flavor, a exemplo de açúcares e substâncias voláteis (TUCKER, 1993). O aumento da acidez, por sua vez, é

decorrente da ação de enzimas do ciclo de Krebs que em alguns casos podem aumentar suas atividades durante o amadurecimento.

Galdino et al. (2005), reportou valores de 0,39% de ácido cítrico de acidez titulável em umbu, similar ao reportado no presente trabalho para o umbu-laranja. Em relação ao comportamento dos valores de AT, estes estão em conformidade com os resultados apresentados por Costa et al., (2004), para umbus classificados como doces, que foram: 2,72; 1,49; 1,49; 1,56, nos estádios de maturação de verde a maduro. Entretanto, para vários trabalhos de caracterização de umbu, os resultados reportados para a AT são mais elevados do que os encontrados para o umbu-laranja, por exemplo; Almeida (1999), que foi de 1,07%, Policarpo (2002) e Ferreira et al., (2000), de 1,45% e Lima (2002) de 1,71%.

Os valores de potencial hidrogeniônico (Tabela 2) foram significativamente diferentes entre os estádios de maturação, dentre eles os estádios **TV** com o **VA** e este com o **AE**. Os estádios **VC** e **VA** apresentam o maior valor de pH chegando a 2,78, para o estádio o **AE** observou-se um declínio nos valores, atingindo a 2,58.

Galdino et al. (2005), obtiverem valor médio de pH de 3,73, indicando que o resultado obtido neste trabalho está consideravelmente inferior. Entretanto, Lima et. al., (2002) obtiveram um valor de 2,09 para o fruto parcialmente amarelo, Cavalcanti et al. (2002) obtiveram 2,78; Matssura et al. (2000), observaram 2,82; Costa et al., (2004) obtiveram: 2,10; 2,17; 2,26; 2,26, para quatro estádios de maturação, sequenciais, sendo esses valores inferiores aos valores de pH do acesso de umbu obtidos neste estudo.

Não se observou diferença significativa para o conteúdo de ácido ascórbico, que apresentou valor mínimo no estádio **VC** de 24,66 e um máximo de 42,47 mg.100g⁻¹, no estádio **AE** (Tabela 2). Os valores mais próximos aos encontrados neste trabalho foram os reportados por Martins e Melo, (2000) e Bispo(1989), respectivamente, de 33 mg.100g⁻¹ e 31,2 mg.100g⁻¹. Porém os resultados obtidos por Galdino et al. (2005) de 11,67 mg.100g⁻¹, Cavalcanti et al. (2002), de 14,5 mg.100g⁻¹ e Folegatti et al. (2001), 3,8 mg.100g⁻¹ foram discrepantes quando comparados aos encontrados neste trabalho para o umbu-laranja, evidenciando a heterogeneidade entre acessos.

A vitamina C está presente nos tecidos vegetais principalmente na forma de ácido ascórbico reduzido, podendo ser oxidado reversivelmente a ácido dehidroascórbico, ou irreversível a ácido 2,3-dicetogulônico, com a perda de sua atividade (WATADA, 1987).

TABELA 3 – Açúcares redutores, açúcares totais, amido, clorofila total e carotenóides totais do acesso umbu-laranja em quatro estádios de maturação

Estádio de Maturação	Açúcares Redutor (g.100g⁻¹)	Açúcares Totais (g.100g⁻¹)	Amido (g.100g⁻¹)	Clorofila total (mg.100g⁻¹)	Carotenóides totais (µg.100g⁻¹)
TV	3,253a	3,691b	1,06a	6,706a	2,667a
VC	2,593a	5,481ab	0,27a	4,778a	2,615a
VA	3,061a	4,215ab	1,66a	3,330a	3,359a
AE	3,047a	5,794a	0,73a	2,975a	3,823a
CV	10.41	12.15	47.35	45.69	35.49

Totalmente verde (TV); Verde Claro (VC); Verde amarelado (VA); Amarelo esverdeado (AE); Coeficiente de variação (CV); Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a nível de 5 % de probabilidade.

Os açúcares redutores não variaram, significativamente, com o avanço da maturação. Entretanto observou-se teores de açúcares totais mais elevados no estágio de maturação mais avançado (Tabela 3).

Uma grande demanda de energia ocorre no sistema celular para dar continuidade aos intensos processos metabólicos durante a maturação, tais como a hidrólise de carboidratos de cadeia longa e conseqüente aumento nos teores de glicose e sacarose, além de outros componentes do flavor (Tucker, 1993; Kosiychinda et al., 1984). A diminuição dos teores de açúcares nos estádios finais de maturação pode ser atribuída ao avanço do amadurecimento, onde os açúcares solúveis começam a ser metabolizados em taxas elevadas para dar suporte aos processos iniciais da senescência (Kader, 1986; Kays, 1997). Neste trabalho, no entanto, não foi observado declínio nos açúcares redutores para frutos do acesso umbu-laranja colhidos no estágio **AE**.

Segundo Ferreira et al. (2000), o valor médio do teor de açúcares redutores da polpa *in natura* do umbu maduro foi de 3,60% de glicose, e 6,12% de açúcares totais, resultados próximos aos encontrados nesse trabalho para o umbu-laranja. Almeida (1999) obteve conteúdo total de açúcares redutores dos umbus semi-maduros e maduros de 4,45% e 3,64% de glicose e 8,37% e 7,44% de açúcares totais, respectivamente, valores estes superiores aos observados no presente trabalho.

A quantidade de amido obtida para o umbu-laranja não diferiu estatisticamente entre os estádios de maturação. Observou-se, no entanto, que os valores de amido são inversamente proporcionais aos de açúcares totais, pois a degradação do amido, com o

avanço da maturidade do fruto, promove o aumento dos açúcares solúveis totais (KAYS, 1997) (Tabela 3).

O conteúdo de clorofila total declinou enquanto que o de carotenóides totais aumentou à medida que a maturação do umbu-laranja avançava (Figura 4), porém, estatisticamente, apenas o conteúdo de clorofila obtido para o estágio TV, foi diferente dos demais, diminuindo com o avanço da maturação, já os resultados de carotenóides apresentaram-se estatisticamente iguais.

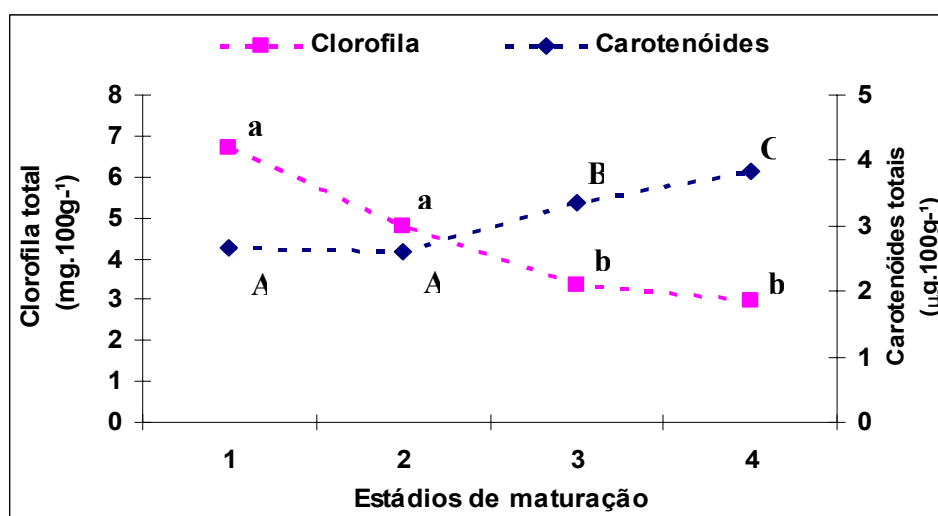


Figura 4 – Valores médios de clorofila e carotenóides totais de frutos de umbu-laranja nos estádios de maturação: 1- Totalmente verde (TV); 2 - Verde claro (VC); 3 - Verde amarelado (VA); 4 - Amarelo esverdeado (AE).

Observou-se a degradação da clorofila e a biossíntese de carotenóides com o avanço da maturação. A degradação da clorofila ocorre durante os processos de maturação em função da atividade das enzimas clorofilases, peroxidases e pela ação direta da luz (HEATON et al., 1996; IKEMEFUNA & ADAMSON, 1984).

Lopes et al. (2006) obteve em seis acessos de umbu verde amarelados valores extremos de 0,71 a 1,68 mg.100g⁻¹, para a clorofila e 3,98 a 10,2 µg.100g⁻¹ para os carotenóides totais, valores estes discrepantes dos obtidos para o umbu-laranja.

Ferreira (2000) obteve dados de clorofila e carotenóides para o cajá, fruto do gênero *Spondias*, em quatro estádios de maturação; com resultados de: 9,71, 5,60, 2,89, 2,36 mg.100g⁻¹, para a clorofila total e 5,4, 7,1, 7,8, 9,1μg.100g⁻¹, para carotenóides totais.

Os carotenóides encontram-se em frutas e hortaliças com coloração variando de amarelo à laranja e nos cloroplastos em tecidos verdes, onde estão mascarados pela clorofila até o amadurecimento do fruto. O conteúdo de carotenóides das frutas aumenta durante a maturação, sendo que parte da intensificação da cor se deve à degradação da clorofila (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2004).

O conteúdo de carotenóides dos vegetais pode ser afetado pelo estágio de maturação, o tipo de solo e as condições de cultivo, as condições climáticas, a variedade dos vegetais, a parte da planta consumida, o efeito dos agrotóxicos, a exposição à luz solar, as condições de processamento e armazenamento (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993, 2000).

A aparência externa é o agente de qualidade de maior influência na aquisição de um produto pelo consumidor, devido a associação da aparência do fruto com a qualidade comestível.

Estatisticamente, não houve diferença na aparência global dos frutos, em relação aos estádios de maturação (Figura 5), sendo obtidas notas 5 e 6, significando, respectivamente, fruto túrgido, superfície lisa e brilhante, ausência de manchas escuras ou doenças; fruto fresco, túrgido, superfície lisa e brilhante, fruto atrativo, ausência de manchas escuras ou doenças.

Os valores para a coloração subjetiva, foram aumentando de acordo com a evolução da maturação do fruto, de totalmente verde a amarelo esverdeado. Apenas os estádios TV e VC não apresentaram diferença significativa entre si (Figura 5).

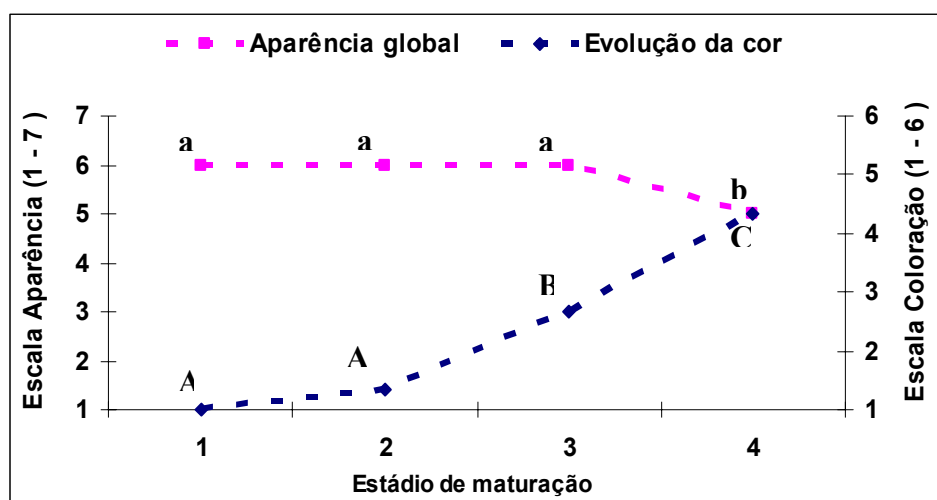


Figura 5 – Aparência global e Evolução na coloração de umbu-laranja nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA), amarelo esverdeado (AE). : 1- Totalmente verde (TV); 2 - Verde claro (VC); 3 - Verde amarelado (VA); 4 - Amarelo esverdeado (AE).

Os resultados encontrados confirmam os apresentados por Lima et al. (2000) e Ribeiro et al. (2005), os quais verificaram que, normalmente, a coloração do fruto de umbuzeiro é amarelo-esverdeado quando maduro.

4. CONCLUSÃO

- O umbu-laranja apresentou comportamento respiratório típico de fruto climatérico;

- O estágio de maturação, em que o fruto apresenta-se com a coloração verde amarelada (VA), pode ser o mais indicado para a colheita, visando o armazenamento;

- O estágio de maturação amarelo esverdeado (AE), devido a sua aparência e características físico-químicas é o mais apropriado para o consumo *in natura* e/ou industrialização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. M. de. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação.** 1999. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

ARNON, D. I. Cooper enzymes of in fisolated choroplasts. Polyphenoloxidasas in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. Washington, v. 24, n.1, p.1-15, 1985.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY-AOAC. **Official Methods of analysis of the association of official analytical chemistry.** ed. 12. Washington, DC.,1984. 1094 p.

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

BARBOSA, I. do S.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, H. Estudo pomológico de plantas de umbu de diferentes regiões da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10, 1989, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1989, p. 442-445.

BISPO, E. S. **Estudos de produtos industrializáveis do umbu (*Spondias tuberosa*).** 1989. 119p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 1989.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CAVALCANTI, P.B. **Frutas comestíveis da Amazônia.** Belém, INPA, 1976.166p.

CAVALCANTI, N. B.; LIMA, J. L. S.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Ciclo reprodutivo do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) no semi-árido do Nordeste brasileiro. **Revista Ceres**, 47 (272):421-439, 2000.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. Levantamento da produção de xilopodio e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 927-942, 2002.

COSTA, da N. P.; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. de L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.), colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.20, n.2, p. 65-71, mai/ago. 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2ª ed Lavras: ESAL/FAEPE, p. 785, 2005.

FERREIRA, F.R.; FERREIRA, S.A.; CARVALHO, J.E.U. **Espécies frutíferas pouco exploradas, com potencial econômico e social para o Brasil**. Revista Brasileira de Fruticultura, 9 (número extra): p. 11-22. 1987.

FERREIRA, J. C.; MATA, M. E. R. M. C.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.7-17, 2000.

FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; MACHADO, S. S.; ROCHA, A. S. Desenvolvimento do produto compota de umbu. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 4., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: SLACA, 2001. p.187.

FRANCO, M. R.; SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some brazilian fruits: umbu-cajá (*Spondias citherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*),and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **J. Agric. Food Chem.**, v.48, p. 1263-1265,2000.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G.; GALDINO, P. O. Caracterização Química de Umbu Produzidas no Comércio Local de

Campina Grande – Pb. **Anais: I Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais**, João Pessoa-PB, 2005.

GALVÃO, M.S. **Estudo sobre a pós-colheita dos frutos de umbu (*Spondias tuberosa*) e umbu-cajá (*Spondias* sp.), com ênfase em compostos voláteis**. Dissertação, 160p. Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa- PB, 2002.

GIACOMETTI, D.C. **Recursos genéticos de frutíferas nativas do Brasil**. In: Simpósio nacional de recursos genéticos de frutíferas nativas, 1, 1992, Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1993. p. 13-27.

GOMES, O. **Fruticultura Brasileira**. São Paulo, Livraria Nobel. 1975. 448p.

HALLETT, I.C; HARKER, F.R. Microscopic investigations of fruit texture. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v.464, p.411-416, 1996.

HEATON, J.W.; MARANGONI, A.G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Foods Science & Technology**, v.7, p.8-15, 1996.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

HULME, A. C. **The biotechnology of the fruits and their products**. London: Academic Press, p. 305-358. 1970.

IKEMEFUNA J.; ADAMSON, I.; Chlorophyll and carotenoid changes in ripening palm fruit, *Elaeis guineensis*. **Phytochemistry**, v. 23, n.7, p. 1413-1415, Great Britain, 1984.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 385 p. 1985.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p. 99-104, 1986.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Exon Press, Athens, 1997, 531 p.

KOSIYACHINDA, S.; LEE, S.K.; POERNOMO. **Maturity indices for harvesting of mango**. In: MENDONZA Jr, D.B & WILLS, R.B (Eds). Mango: Fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, 1984.

LIMA, E. D. P. A.; CARDOSO, E. A.; SILVA, H.; LIMA, C. A. A.; SILVA, A. Q. Características tecnológicas dos frutos Spondias família Anacardiácea. In: XII REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA. 1990. Recife. Anais... Recife, p.109. 1990.

LIMA, L. F. do N.; ARAÚJO, J. E. V.; ESPÍNDOLA, A. C. de M. **Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.)**- Jaboticabal: Funep, 2000. 29p.: il. (Série Frutas Nativas, 6).

LIMA, I. J. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Variações químicas e físico-químicas de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., Salvador. **Anais...**Salvador: SBEA, 2002. CD.

LOMBARDI, S. R. B.; MORAES, D. de M.; CAMELATTO, D. Avaliação do Crescimento e da Maturação Pós-Colheita de Pêras da Cultivar Shinsseiki. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 35, n.12, dez. 2000.

LOPES, W.F. **Propagação Assexuada de Cajá (*Spondias mombim* L.) e Cajá-umbu (*Spondias spp*) através de Estacas**. Areia: UFPB/CCA, 1997. 40 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

LOPES, M. F.; TORRES, L. B. V.; SILVA, S. M.; SILVA, A. B. Avaliação Físico-Química de Seis Acessos de Umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). **Anais.. XX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 08 a 11 de outubro de 2006, Curitiba – PR;

MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.I.S.; CARDOSO, R.L.; LIMA, R.R. Desenvolvimento do produto geléia de umbu com diferentes teores de polpa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2000. v.3. p.11.90.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Importancia nutricional de los pigmentos carotenóides. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v.54, n.2, Caracas, jun. 2004.

MARTINS, L. P. **Fisiologia da Maturação, Amadurecimento e Armazenamento Pós-Colheita de Ciriguela (*Spondias purpurea* L.)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 121 p., Areia, 2000.

MARTINS, S.T.; MELO, B. *Spondias* (Cajá e outros). Núcleo de estudos em fruticultura no cerrado, disponível em www.fruticultura.iciag.ufu.br, aceso em 04/01/2006.

MENDES, B.V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr Cam.): importante fruteira do Semi- Árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 66p.

MORAES, V.H.F.; MULLER, C.H.; SOUZA, A.G.C.; ANTÔNIO I.C. Native fruit species of economic potential from the Brazilian Amazon. **Ang. Bot.** v. 68, p. 47-52, 1994.

NASCIMENTO, C. E. S. de; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de; DRUMOND, M. A. **Banco de Germoplasma do Umbuzeiro: novos acessos e avaliações preliminares aos oito anos de idade**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002. Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

NUNES, E. E. **Conservação pós-colheita de pêsego ‘Premier’ tratados com cálcio e armazenados em condições ambiente.** Lavras, 2003. 41p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

PANTASTICO, E. R. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruit and vegetables.** Wesport: The AVI Publishing Co, Inc. p. 1-67, 1984.

POLICARPO, V. M. N.; RESENDE, J. M.; ENDO, E.; BORGES, S. V.; CAVALCANTI, N. B.; OLIVEIRA, V. M. Caracterização físico-química da polpa de umbu em diferentes estádios de maturação. **XVIII Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Porto Alegre- RS, 2002.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distribution in the dry seasonal forests of South America. **Ann Missouri Bot Gard**, 80: 902-927. 1993.

RIBEIRO, J. F.; SOUZA, M. C.; NETO, M. O. R.; RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E. Caracterização física de frutos de umbuzeiro oriundos da região semi-árida piauiense. **Anais: I Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais**, João Pessoa-PB, 2005

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. **J.Food Compos. Anal.**, Orlando, v. 13, p.641-647, 2000.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHATALAMBOUS, F. (Ed.). Shelf life of foods and beverages – chemical, biological, physical and nutritional aspects. Amsterdam: **Elsevier Science**, p.547-589. 1993.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS language guide for personal, computers: release 6.2.** ed. Cary, NC. 1990. 319p.

SILVA, A. Q. da; SILVA, H.; NÓBREGA, J. P. da; MALVOLTA, E. Conteúdo de nutrientes por ocasião da colheita em diversas frutas da região Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, 1984, Florianópolis

SILVA, C. M. M. S.; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. **Caracterização dos frutos de umbuzeiro**. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, 1987. 17p. Boletim de Pesquisa, 34.

SILVA, H.; SILVA, A. Q.; OLIVEIRA, A. R.; CAVALCANTI, F. B. Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba. II Características tecnológicas. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 1998, Campinas. **Anais....**Campinas, Sociedade Brasileira de Fruticultura, p. 697-701. 1988.

SILVA, A.Q.; SILVA, H.; OLIVEIRA, B. E.M. Acumulação de matéria seca durante o crescimento de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 14. 1990, Recife. Anais... Recife: Sociedade de Botânica do Brasil, p.108. 1990.

SILVA, M. S. **Fisiologia da Maturação e Conservação Pós-Colheita de manga ‘Rosa’ Tratada com 1-Metilciclopropeno e Minimamente Processada**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. 225 p.: il. Areia: 2004.

SANTOS, G.M. **Caracterização de Frutos de Cajá (*Spondias mombim* L.) e Cajá-umbu (*Spondias spp.*) e Teores de NPK em Folhas e Frutos**. Areia: UFPB/CCA, 1996. 68 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba.

SOUZA, V.A.B. **Perspectivas do Melhoramento de Espécies Nativas do Nordeste Brasileiro**. In: Congresso brasileiro de melhoramento genético de plantas, 1, 2001, Goiânia-GO. Resumo 25, EMBRAPA Meio-Norte, Teresina-PI, 2001.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman e Hall, cap.1, p. 2-51, 1993.

VITTI, D. C. C. **Controle de injúrias pelo frio em pêssego ‘Dourado-2’ submetidos ao tratamento térmico**. Piracicaba, 2004. 75p.: il. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

WATADA, A. E. Vitaminas. In: WEICHMANN, J., ed. **Postharvest physiology of vegetables**. New York, Marcel Dekker, 1987. Cap. 22, p.453-469.

WILLS, R. H. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, W. B.; HALL, E. G.; **Postharvest- an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Kensington: New South Walles University Press, 1981. 161p

YAMASHITA, F.; TELIS-ROMERO, J.; KIECKBUSH, T. G. Estimativa da composição gasosa em embalagem de atmosfera modificada contendo mangas (*Mangifera indica* L.) cv.

Capítulo III

Mudanças nos Carboidratos e na Coloração do Acesso Umbu- Laranja (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) sob Atmosfera Modificada e Refrigeração

MUDANÇAS NOS CARBOIDRATOS E NA COLORAÇÃO DE FRUTOS DO ACESSO UMBU-LARANJA (*SPONDIAS TUBEROSA* ARR. CAM.) ARMAZENADOS SOB ATMOSFERA MODIFICADA E REFRIGERAÇÃO

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar as mudanças na coloração e nos carboidratos durante o armazenamento de frutos do umbuzeiro do acesso umbu-laranja durante o armazenamento sob atmosfera modificada e refrigeração. Os frutos foram provenientes da propriedade Mendonça II, localizada no município de Juazeirinho-PB, micro-região do Brejo Paraibano, colhidos em quatro estádios de maturação: Totalmente Verde (TV), Verde Claro (VC), Verde Amarelado (VA) e Amarelo esverdeado (AE). O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em Areia-PB. Os frutos foram mantidos sob atmosfera modificada (AM), por filme de cloreto de polivinila (PVC) e atmosfera ambiente (AA), a $10 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR e sob condições ambientes ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR). Os parâmetros avaliados foram clorofila total, carotenóides totais, açúcares redutores e totais, amido, coloração subjetiva e objetiva da casca (H° , L^* , C^* , a^* e b^*). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $2 \times 4 \times 5$, sendo os fatores avaliados atmosferas de armazenamento (AA e AM), estádios de maturação (TV, VC, VA, AE) e tempo de armazenamento. O conteúdo de clorofila diferiu entre estádios de maturação. A utilização de atmosfera modificada não influenciou no conteúdo de clorofila, entretanto a temperatura de 10°C resultou na sua manutenção. O conteúdo de carotenóides foi afetado pela interação atmosfera de armazenamento e estádios de maturação durante o armazenamento para frutos armazenados a 10°C . O uso de AM associada à refrigeração permitiu manutenção dos açúcares e da coloração durante o armazenamento. Frutos mantidos sob atmosfera modificada apresentaram evolução da cor mais lenta em comparação com frutos sob AA.

Palavras Chaves: Spondias, amido, açúcares solúveis, clorofila, carotenóides, coloração objetiva

CARBOHYDRATE AND COLORATION CHANGES OF THE ACCESS ORANGE –UMBU (*SPONDIAS TUBEROSA* ARR.CAM.) FRUIT STORED UNDER MODIFIED ATMOSPHERE AND REFRIGERATION

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the changes in the carbohydrates and coloration of fruits of the umbu tree, access orange-umbu fruit during storage under modified atmosphere and refrigeration. Fruits were harvest from the property Mendonça II, located at Juazeirinho Municipal District, Paraíba (PB) State, Brazil, Micro-region of Brejo Paraibano, in four maturity stages: Totally Green (TV), Light Green (VC), Green-Yellowish (VA) and Yellow- Greenish (AE). The experiment was carried out in the Laboratorio de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita of the Centro de Ciências Agrárias of UFPB, in Areia-PB. Fruits were stored under modified atmosphere (AM) by polivinil chloride film (PVC) and room atmosphere (AA), at 10 $\pm$ -0.5°C, and 90 $\pm$ -1%UR, and at room temperature (24 $\pm$ -2°C and 85 $\pm$ -2%UR). Fruits were evaluated for total chlorophyll, total carotenoid, reducing and total sugar, starch, subjective (1 to 6 scale) and objective coloration of the peel (H°, L*, C*, a* and b*). The experimental design was the completely randomized, in a factorial outline (2x4x5), being the appraised factors were storage atmosphere (AA, AM), maturity stage (TV, VC,VA, AE), and storage time, in three replications. Data were submitted to variance analysis and the means to the Tukey test at 5% of probability. The chlorophyll contents differed among maturity stages. The use of AM did not influence the chlorophyll content, however at 10°C it was maintained. The carotenoids content was affected by the interaction between storage atmosphere and maturity stages, during storage for fruits kept at 10°C. The use of AM associated with refrigeration allowed the maintenance of the reducing and total sugars. Fruits maintained under modified atmosphere presented the slowest color evolution in comparison with fruits under room atmosphere.

Key Words: *Spondias*, starch, soluble sugars, chlorophyll,, corotenoids, objective coloration

1. INTRODUÇÃO

O umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) é uma frutífera tropical nativa do Nordeste brasileiro, que apresenta grandes perspectivas de inserção no mercado interno de frutas nativas e exóticas *in natura* e na forma de polpa, sucos e sorvetes. O acesso umbu-laranja é uma das formas que esse fruto é encontrado nas áreas de ocorrência no Nordeste (Barbosa et al., 1989). Porém, a fragilidade da qual é constituído o fruto, muitas vezes apresenta-se como uma das principais barreiras para sua comercialização na forma *in natura*, tornando-se indispensável o desenvolvimento de alternativas viáveis, para preservação dos atributos de qualidade.

O interesse pela pós-colheita de frutos e hortaliças tem aumentado nos últimos anos no Brasil, em virtude de grandes safras, do aumento do consumo, e da necessidade de um abastecimento permanente do mercado com frutas frescas e do incremento no volume de exportações (BELING, 2004).

Manejos inadequados na colheita e pós-colheita aceleram os processos de senescência afetando sensivelmente a qualidade e limitando ainda mais o período de comercialização (Vilas Boas et al., 2001). O amadurecimento de frutos é um processo complexo, altamente coordenado em diversos níveis metabólicos correlacionados ao seu desenvolvimento na planta. O conhecimento dessas transformações e dos seus mecanismos moleculares de controle é importante para estabelecer bases científicas para o desenvolvimento de novas tecnologias de conservação pós-colheita e manutenção da sua qualidade nutricional e sensorial (Lajolo, 2007). Entre as transformações mais importantes incluem-se as relacionadas aos carboidratos que possuem papel crítico na vida útil pós-colheita do fruto e no metabolismo relativo à textura e adoçamento. Os carboidratos mudam tanto em qualidade quanto em quantidade durante o amadurecimento do fruto, sendo a degradação do amido uma das características mais marcantes, produzindo açúcares redutores e/ou não redutores (Konishi et al., 1991). As transformações na coloração externa do fruto também é um atributo de qualidade de grande importância e constitui um dos fatores determinantes para a comercialização de frutos (Mazzuz, 1996). A mudança na coloração da casca, em geral, deve-se à degradação da clorofila e à síntese ou manifestação dos pigmentos do grupo dos carotenóides (CASAS & MALLENT, 1988; BALDWIN, 1993).

A colheita dos frutos em estádios adequados de maturação é determinante na manutenção da qualidade pós-colheita. Frutos colhidos precocemente não apresentam

habilidade de desenvolver o completo amadurecimento, prejudicando sua qualidade final. Entretanto, a colheita de frutos de maturação avançada resulta em rápida perda de qualidade, diminuindo o período de comercialização. O estágio de maturação de colheita, mais adequado depende da interação das características fisiológicas intrínsecas a cada variedade e da tecnologia de conservação pós-colheita a ser empregada (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

As tecnologias pós-colheita utilizadas, se bem conduzidas, permitirão, não somente minimizar as perdas, mas também manter a qualidade dos frutos por um maior período. O armazenamento sob atmosfera modificada (AM) é uma tecnologia versátil (Jiang et al., 1999), de baixo custo, (Beaudry, 2004), entretanto o seu emprego exige conhecimento da fisiologia do fruto, das características do filme flexível (Kays, 1997) e fatores ambientais de armazenamento, tais como temperatura e umidade relativa (Kays, 1997). O estabelecimento de uma composição gasosa diferente da do ar, pela redução do nível de O₂ e elevação de CO₂ no interior da embalagem, pode resultar na redução da atividade metabólica do produto (Beaudry, 2004), sendo mais evidenciada quando associada à refrigeração (KAYS, 1997).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar as modificações nos carboidratos e na coloração de umbu-laranja em diferentes estádios de maturação, armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada por filme de PVC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de abril a agosto de 2006, no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado na cidade de Areia – PB. Os frutos de umbu-laranja utilizados foram colhidos de áreas de concentração de plantas da propriedade Mendonça II, situada no município de Juazeirinho – Paraíba, mesoregião da Borborema. A altitude local é de 553m situando-se entre as coordenadas geográficas 7°04'13.22'' Sul e 36°34'28.23'' Oeste.

2.1 Instalação e condução do experimento

Os frutos foram colhidos manualmente, em quatro estádios de maturação, pré-selecionados nos locais da coleta, sem defeitos aparentes (manchas, doenças e danos físicos) e uniformes quanto ao tamanho. O acondicionamento dos frutos para o transporte foi feito em caixas de plástico revestidas com plásticos bolha, de maneira a evitar escoriações e conduzidos imediatamente ao Laboratório, onde o experimento foi realizado. Em seguida, foram submetidos à lavagem com água potável, e como tratamento antifúngico, foram imersos em uma solução de hipoclorito de sódio comercial a 0,5%, permanecendo nesta solução por cerca de 10 minutos, enxaguados com água destilada e secos ao ar.

Os frutos de umbu-laranja foram classificados de acordo com a coloração da casca (Figura 1), através de seleção visual em quatro estádios de maturação:

- 1- **TV**: fruto totalmente verde, túrgido, firme, superfície lisa e brilhante;
- 2- **VC**: fruto verde claro, com transição da cor verde para dar início a cor característica do fruto (ainda não definida), túrgido, firme, superfície lisa e brilhante;
- 3- **VA**: fruto verde amarelado, com 50% da cor verde e 50% amarela, túrgido, pouco firme, superfície lisa e brilhante;
- 4- **AE**: fruto pouco túrgido, perda completa da firmeza, polpa líquida, superfície lisa amarela esverdeada e brilhante.



Figura 1 - Frutos do acesso Umbu-laranja colhido em quatro estádios de maturação, TV (totalmente verde), VC (verde claro), VA (verde amarelado), AE (amarelo esverdeado).

Delineamento experimental. O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 x 5, com três repetições, avaliando-se independentemente cada temperatura, sendo os fatores: quatro estádios de maturação, modificação da atmosfera em dois níveis (AA (atmosfera ambiente) e AM (atmosfera modificada)), e cinco períodos de avaliação. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F.

Na instalação do experimento, os frutos foram acondicionados em bandejas de cloreto de polivinila rígido, sendo 10 frutos/repetição para o estágio TV, 7 frutos/repetição para os estádios VC e VA e 5 frutos/repetição para o estágio AE. Em seguida, um terço do total das bandejas foi envolvida com filme de cloreto de polivinila (PVC) flexível de 13 μm de espessura, para a modificação da atmosfera (AM) e as outras bandejas ficaram sem filme, caracterizando atmosfera ambiente (AA). As condições de armazenamento dos frutos foram câmara fria a $10 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR para frutos nos diferentes estádios de maturação sob AM e AA. Paralelamente, foi instalado um experimento com frutos sob condições ambientes ($24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR). Para as condições ambientes, foram realizadas avaliações a cada dois dias até o oitavo dia e, para frutos mantidos a 10°C , as avaliações foram realizadas a cada quatro dias, durante 16 dias. As avaliações realizadas foram:

Clorofila Total ($\text{mg} \cdot 100^{-1} \text{g}$ da amostra). Foi utilizada 1 g da casca, triturada em almofariz com areia calcinada na presença de 5 mg de CaCO_3 e 10 ml de acetona 80% e,

deixando extrair por 24 h no escuro a 4 °C, de acordo com método de Arnon (1985). Os resultados foram calculados de acordo com fórmula descrita por Inskeep & Bloom (1985).

Carotenóides Totais ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ da amostra). Determinadas na casca do fruto de acordo com Silva (2004) e adaptado de Higby (1962) e os resultados expressos em $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Açúcares Redutores, Açúcares Totais e Amido ($\text{g}\cdot 100^{-1}\text{g}$ polpa). Os teores de açúcares redutores, açúcares totais e amido foram obtidos de acordo com o método descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). Este método baseia-se na oxidação-redução da solução de Fehling, através da utilização de glicose para padronização.

Coloração objetiva. A coloração foi realizada através de reflectômetro Minolta CR 200b, onde foram determinados os valores de luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo de cor ($^{\circ}\text{H}$) conforme recomendado por Minolta (1994). O colorímetro também expressa a cor nos parâmetros: a^* (define a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$)) e b^* (representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b$)), onde quanto mais distante do centro ($=0$), mais saturada é a cor.

Avaliações subjetivas de cor. Realizada por 6 avaliadores não treinados, utilizando-se escala subjetiva variando de 1 a 7, conforme descrito abaixo.

Escala subjetiva de cor:

1 = Fruto totalmente verde, com pigmentação uniforme e intensa, fisiologicamente desenvolvido;

2 = Fruto com sinais de transição da cor verde;

3 = Fruto com tonalidade verde amarelado, com predominância do verde;

4 = Fruto 50% verde e 50% amarelo;

5 = Fruto amarelo esverdeado com 40% verde e 60% amarelo;

6 = Fruto amarelo predominante, com leves tons de verde;

7 = Fruto predominantemente amarelo.

Análise Estatística. A partir dos resultados das análises de variância preliminares, e verificando-se a interação entre os fatores, o tempo foi desdobrado dentro de cada tratamento, e os resultados submetidos à análise de regressão polinomial. Foram consideradas equações de até 2º grau. O coeficiente de determinação mínimo para a utilização das curvas foi de 0,60. Para os casos em que a interação entre os fatores estudados não foi significativa, os valores foram representados pelas médias dos tratamentos sem o ajuste de curvas. A coloração subjetiva foi analisada em parcela

subdividida no tempo, em esquema fatorial correspondente à temperatura avaliada. A avaliação subjetiva foi transformada por $\sqrt{x+1}$. As características qualitativas que tiveram significância tiveram as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Clorofila Total. O emprego de atmosfera modificada não influenciou no conteúdo de clorofila ($P \geq 0,05$) independente da temperatura de armazenamento. No entanto, os estádios de maturação diferiram quanto ao conteúdo de clorofila ($P < 0,05$) (Figura 2A) e com relação ao seu declínio durante o armazenamento (Figura 2 B e C). O conteúdo de clorofila do estágio totalmente verde (TV) foi superior aos subsequentes. Porém, observou-se que no fruto armazenado sob condições ambiente ocorreu diminuição mais intensa do conteúdo de clorofila no início do armazenamento (Figura 2C). Para frutos armazenados a 10°C essa diminuição ocorreu de maneira mais lenta durante o armazenamento (Figura 2B). Esse efeito na maior retenção da clorofila com a redução da temperatura, pode ser atribuído à redução das taxas metabólicas (Kays, 1997; Santos et al., 2006), o que consequentemente, reduziu a atividade das enzimas clorofilase, peroxidase e polifenoloxidase (Kader, 1986). Adicionalmente, Wills et al. (1981) relatam que a degradação da clorofila esta associada não só a alteração dos ácidos e do pH, como também ao aumento dos processos oxidativos, que, por sua vez, estão diretamente associados à temperatura (KAYS, 1997).

Em relação aos estádios de maturação, independente de temperatura de armazenamento ou do emprego de atmosfera modificada, o umbu do estágio amarelo esverdeado (AE) foi o que atingiu valores mais baixos, culminando com a quase total degradação da clorofila, como consequência do estágio de maturação avançado (Figura 2A).

Durante a conversão dos cloroplastos a cromoplastos, a clorofila é destruída e o grana e estroma reorganizam-se (Newcomb, 1996). A degradação da clorofila em tomates e citrus é mediada por um sistema multienzimático que desmascara os carotenóides já presentes na casca (GROSS & WALNER, 1979; DOMINGUEZ E VANDRELL, 1993).

Baixas temperaturas condicionam taxas metabólicas menores e consequentemente menores taxas de respiração e produção de etileno, reduzindo as mudanças associadas com o amadurecimento e a senescência, como a degradação da clorofila (SILVA et al., 1999; PARIASCA et al., 2001).

No umbu, durante o amadurecimento, a degradação da clorofila (cor verde) é intensa, tornando-se visível a possível preexistência dos pigmentos carotenóides (cor amarela a levemente laranja). Na prática, este fruto é colhido com coloração verde, após alcançar o pleno desenvolvimento, e comercializado enquanto a cor da casca permanece

nesta condição. Entretanto, os processos de degradação da clorofila e síntese de carotenóides continuam ocorrendo mesmo durante a comercialização sob condições ambientais e culminam com o desverdecimento do fruto (NEVES & CARVALHO, 2005).

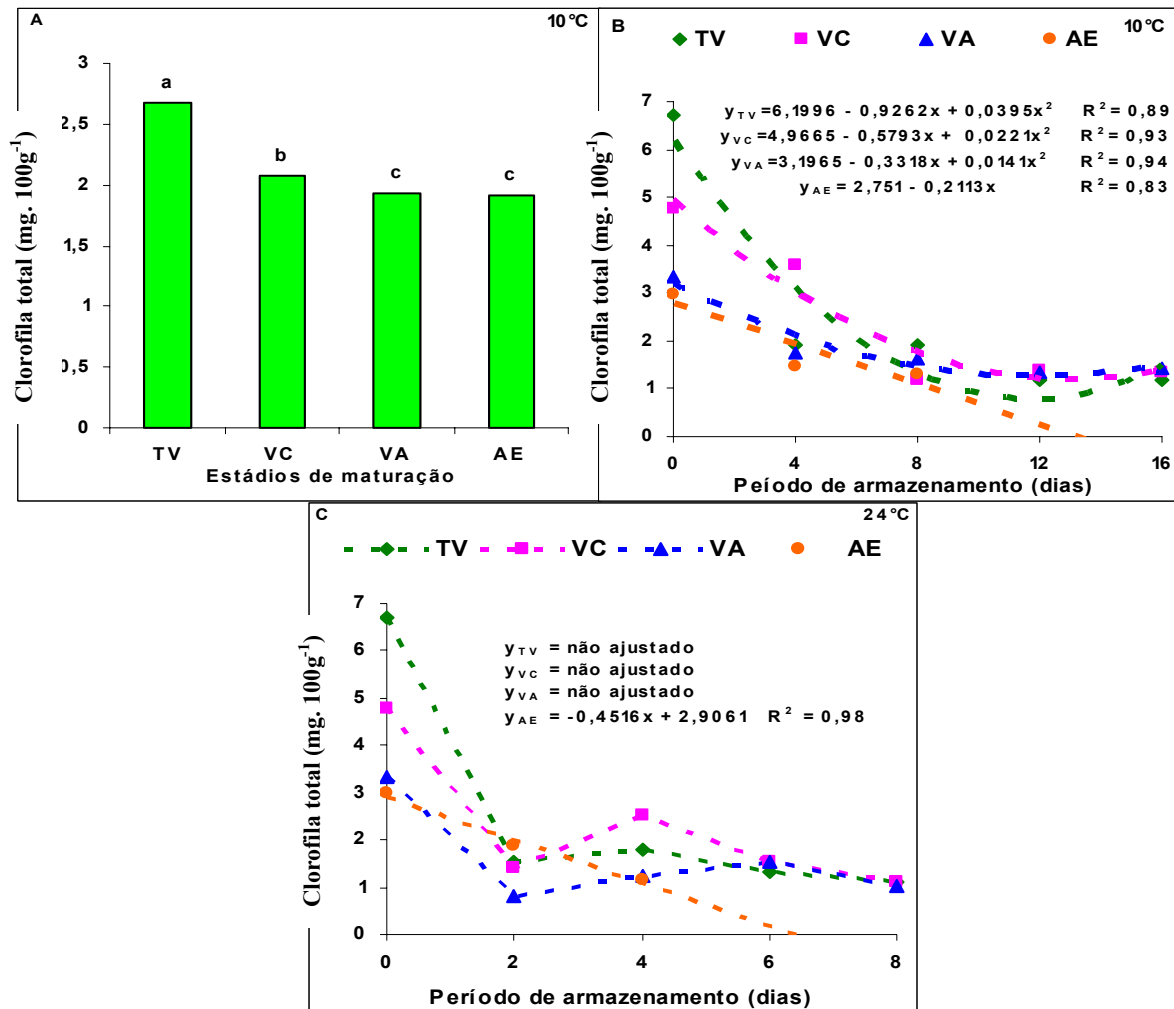


Figura 2 – Clorofila total (mg.100⁻¹g) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração (10°C ± 0,5°C e 90 ± 1% UR) (AA) (A) e (B) e sob condições ambientes (24°C ± 2 °C e 85 ± 2%UR) (C). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente.

Carotenóides Totais. O conteúdo de carotenóides foi afetado pela interação atmosfera de armazenamento e estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 3A, C e D), para frutos armazenados a 10°C. Verificou-se que os carotenóides de umbu-laranja mantido sob refrigeração e atmosfera modificada por filme de PVC (Figura 3D), aumentaram acentuadamente durante o armazenamento ($P < 0,1$).

Em ciriguela, espécie do mesmo gênero do umbu, e em outros frutos como a pitanga ocorreu o inverso do resultado encontrado neste trabalho, o emprego de atmosfera modificada manteve inferior o conteúdo dos carotenóides totais (Santos et al., 2006; Torres et al., 2006). Esses resultados, em ciriguela, foram provavelmente devido ao efeito da alta concentração de CO₂ e redução de O₂ proporcionada pela AM que, na ciriguela resultou, na redução da biossíntese dos carotenóides (Kader, 1986).

Goldsmith (1988) e Wills et al. (1981), citados por Yamanishi (2005), explicam que, em alguns tecidos, os carotenóides sintetizados podem ser mascarados pela clorofila durante os primeiros estádios de maturação, porém, quando é iniciada a degradação da clorofila, estes carotenóides tornar-se-ão visíveis. Os dados desse trabalho, no entanto, mostram que quando a degradação da clorofila é iniciada verifica-se o desenvolvimento dos carotenóides.

Para frutos mantidos sob condições ambientes, (Figura 3B) os carotenóides diferiram significativamente apenas em relação aos períodos de armazenamento. Verificou-se o aumento nos carotenóides durante o armazenamento.

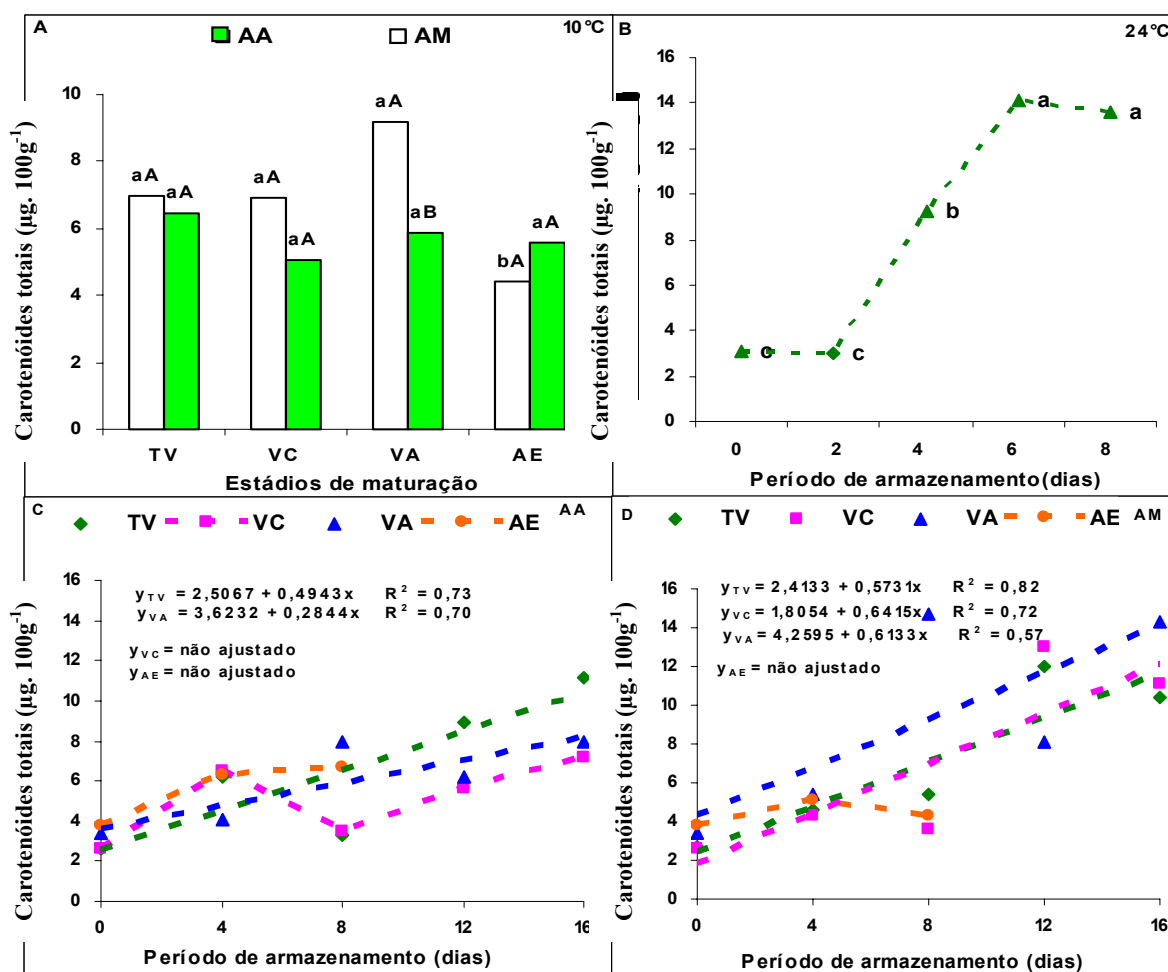


Figura 3 – Carotenóides totais (µg.100⁻¹g) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração (10°C ± 0,5°C e 90 ± 1% UR) (A) em atmosferas ambiente (AA) (C) e modificada (AM) (D), e sob condições ambientes (24°C ± 2 °C e 85 ± 2%UR) (B).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente quanto à atmosfera, e pelas minúsculas quanto ao estágio de maturação.

Açúcares Redutores. O teor de açúcares redutores foi influenciado pela interação atmosferas de armazenamento e estádios de maturação, durante o armazenamento (Figura 4). O teor de açúcares redutores (AR) aumentou durante armazenamento, especialmente para o estágio amarelo esverdeado (AE) sob atmosfera ambiente (Figura 4D). De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), o comportamento acumulativo de AR é usualmente observado durante a maturação e amadurecimento dos frutos.

Observou-se um aumento nos conteúdos de AR nos frutos sob AA mantidos a 10°C (Figura 4A e B), o que pode estar relacionado com a maior perda de água sofrida por esses frutos. Os frutos sob condições ambientes atingiram o valor máximo nos AR no 8º dia de armazenamento, aqueles mantidos sob refrigeração e AA só alcançaram esse valor no décimo sexto dia (Figura 4B). Os frutos mantidos sob AM a 10°C, apresentaram pouco acúmulo nos AR durante o armazenamento (Figura 4C). O efeito positivo da AM (Figura 4A) deve-se provavelmente ao aumento da concentração de CO₂ e redução da concentração de O₂ no interior da embalagem como um fator que possivelmente reduz a taxa metabólica e, conseqüentemente, altera o fluxo de carbono na glicólise (Kader, 1986), reduzindo e modificando o metabolismo dos açúcares (HANSEN e WEICHMANN, 1987; SAEZ et al., 1999).

Em frutos climatéricos, o aumento do conteúdo dos açúcares redutores deve-se principalmente à hidrólise do amido (Lizada, 1993). Com isso, o menor acúmulo de glicose nos frutos sob AM (Figura 4A e C), possivelmente, pode estar, em parte, relacionado com a baixa taxa de degradação do amido. A hidrólise de polissacarídeos da parede celular, como hemiceluloses, celulosas e pectinas, também podem contribuir discretamente para o aumento do teor de açúcares redutores dos frutos (KAYS, 1997).

Martins (2000) observou semelhante acúmulo de AR em ciriguela, fruto do mesmo gênero do umbu, mantidos sob atmosfera modificada.

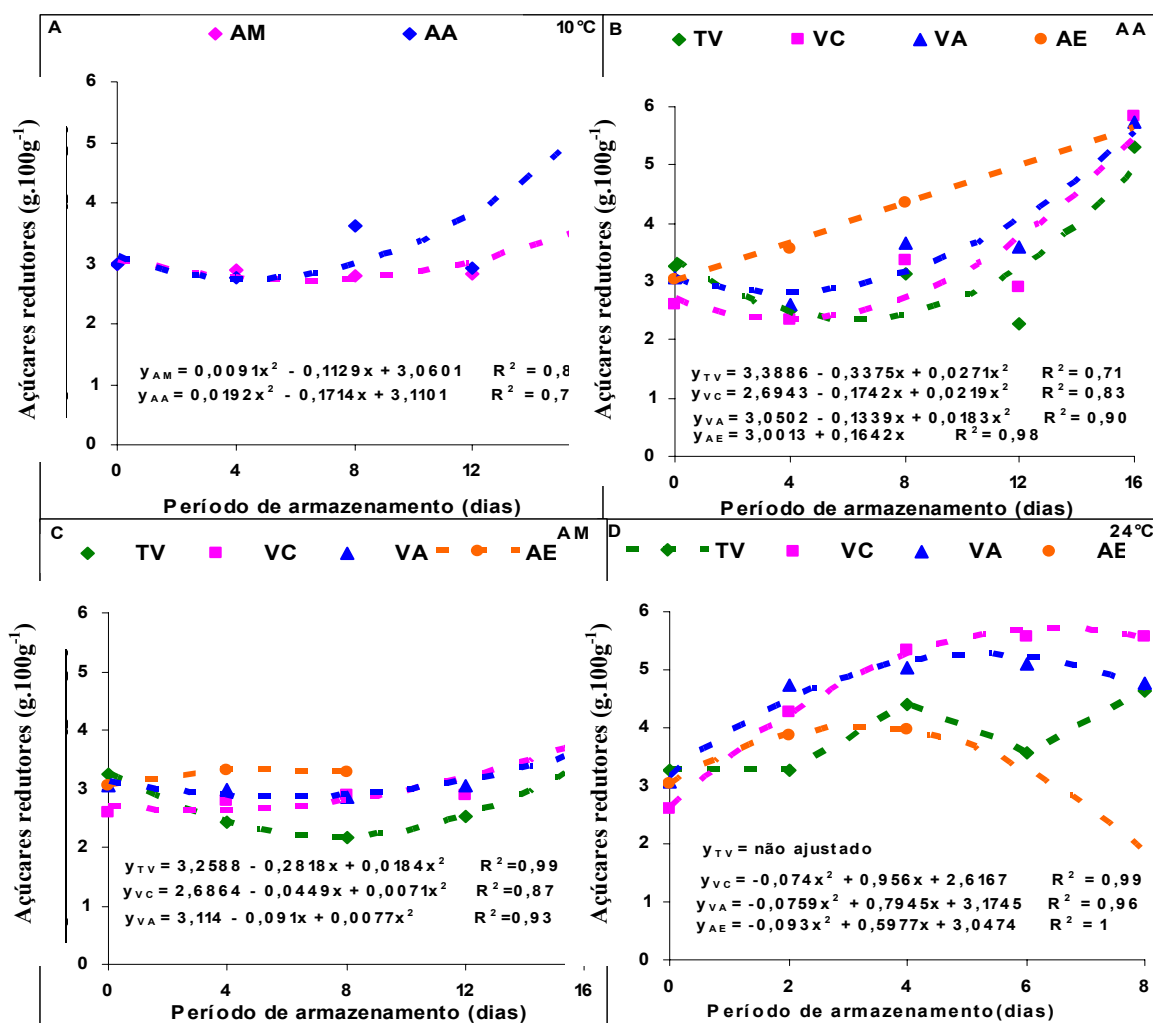


Figura 4 – Açúcares Redutores (g glicose.100g⁻¹) do aceso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração (10°C ± 0,5°C e 90 ± 1% UR) (A) em atmosferas ambiente (AA) (B) e modificada (AM) (C) e sob condições ambientes (24°C ± 2 °C e 85 ± 2%UR)(D).

Açúcares Solúveis Totais (AST). O conteúdo de açúcares totais foi influenciado pelas atmosferas, pelos estádios de maturação dos frutos durante o armazenamento (Figura 5). Frutos mantidos a 10°C sob AM apresentaram declínio linear no conteúdo de AST para o estágio AE (Figura 5A), enquanto que para os demais estádios aumentaram levemente o conteúdo de AST até o final do armazenamento. Para os frutos sob AA, o conteúdo de AST aumentou acentuadamente em todos os estádios de maturação. Frutos do estágio AE mantidos sob refrigeração em AA, aos 8 dias de armazenamento achavam-se murchos e impróprios para o consumo.

O teor de açúcares solúveis totais em frutos mantidos sob condições ambientes (Figura 5D) foi influenciado pelo estágio de maturação, aumentaram até o 6º dia para em seguida diminuir. O aumento em açúcares redutores na pós-colheita é atribuído principalmente à hidrólise de carboidratos de reserva como o amido. Frutos no estágio totalmente verde apresentaram um aumento linear dos AST, enquanto nos frutos **AE** o conteúdo de AST iniciou o declínio a partir do 2º dia de armazenamento. Frutos dos estádios **VC** e **VA** também apresentam redução nos AST ao final do armazenamento.

O teor de açúcares totais em frutos climatéricos, normalmente, aumenta após a colheita e durante o armazenamento por curtos períodos, decrescendo após o armazenamento prolongado (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

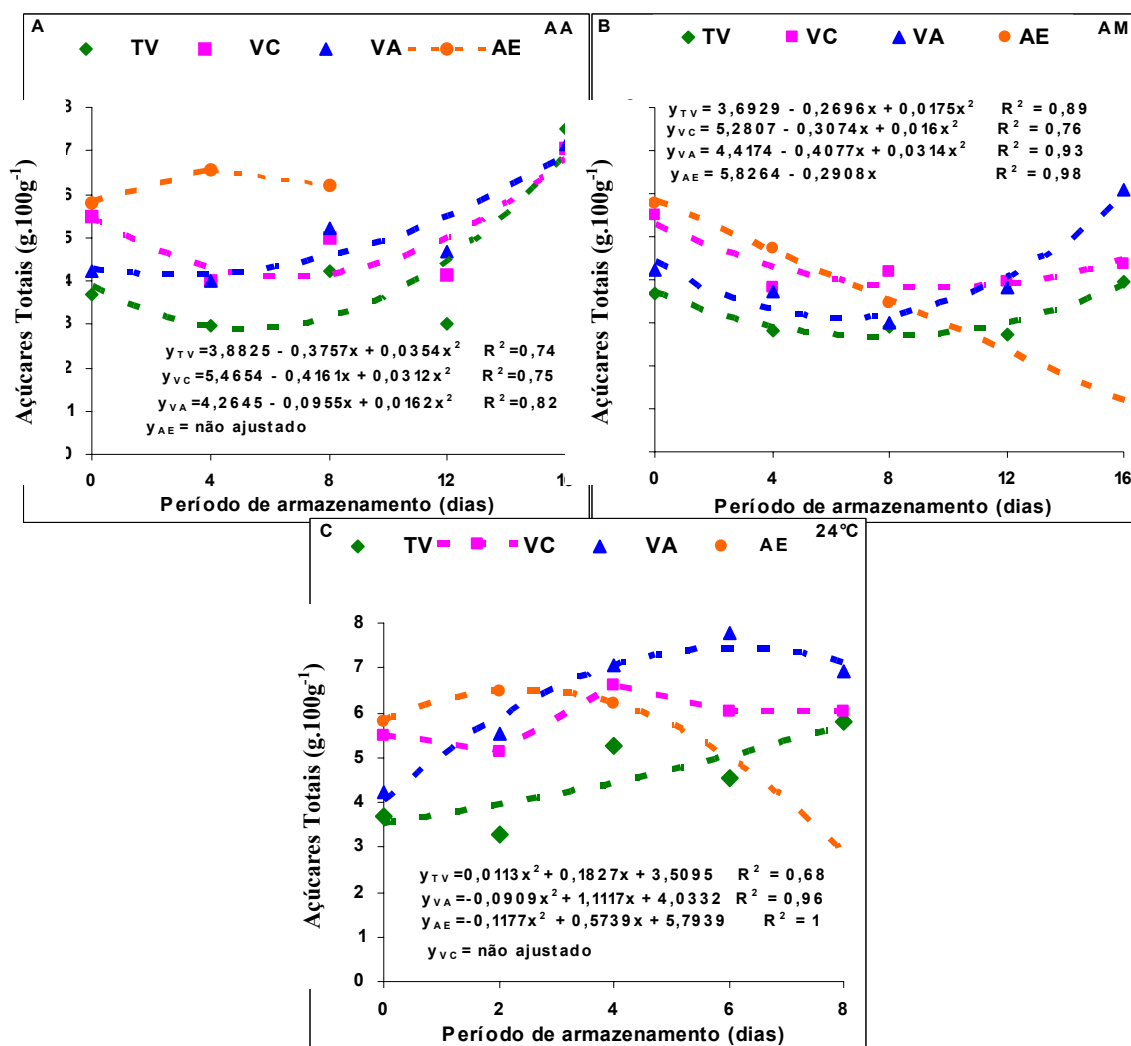


Figura 5 – Açúcares Solúveis Totais (g.100g⁻¹) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração (10°C ± 0,5°C e 90 ± 1% UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B) e sob condições ambientes (24°C ± 2 °C e 85 ± 2%UR)(C).

Amido (g.100g⁻¹). O conteúdo de amido foi influenciado pelas atmosferas, pelos estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 6). Assim, o conteúdo de amido declinou durante a maturação independentemente da temperatura ou atmosfera de armazenamento.

Para frutos mantidos a 10°C do estágio amarelo esverdeado, mantidos sob AA, o resíduo de amido foi totalmente degradado até o oitavo dia de armazenamento (Figura 6A).

Frutos verdes apresentaram conteúdo de amido mais elevado quando comparados a frutos de maturidade mais avançada, para umbus mantidos sob AA a 10°C (Figura 6A). A degradação do amido está associado a atividade da enzima amido pirofosforilase (Kays, 1997) que apresenta sua atividade aumentada durante a fase intermediária da maturação e início do amadurecimento (Wills et al., 1998). Essa degradação também pode ser decorrente da ação da α e β amilase (TAIZ & ZUGÉR, 2004).

Para frutos mantidos sob condições ambientes (Figura 6C), frutos do estágio verde amarelado (VA) apresentaram o amido completamente degradado após sete dias de armazenamento.

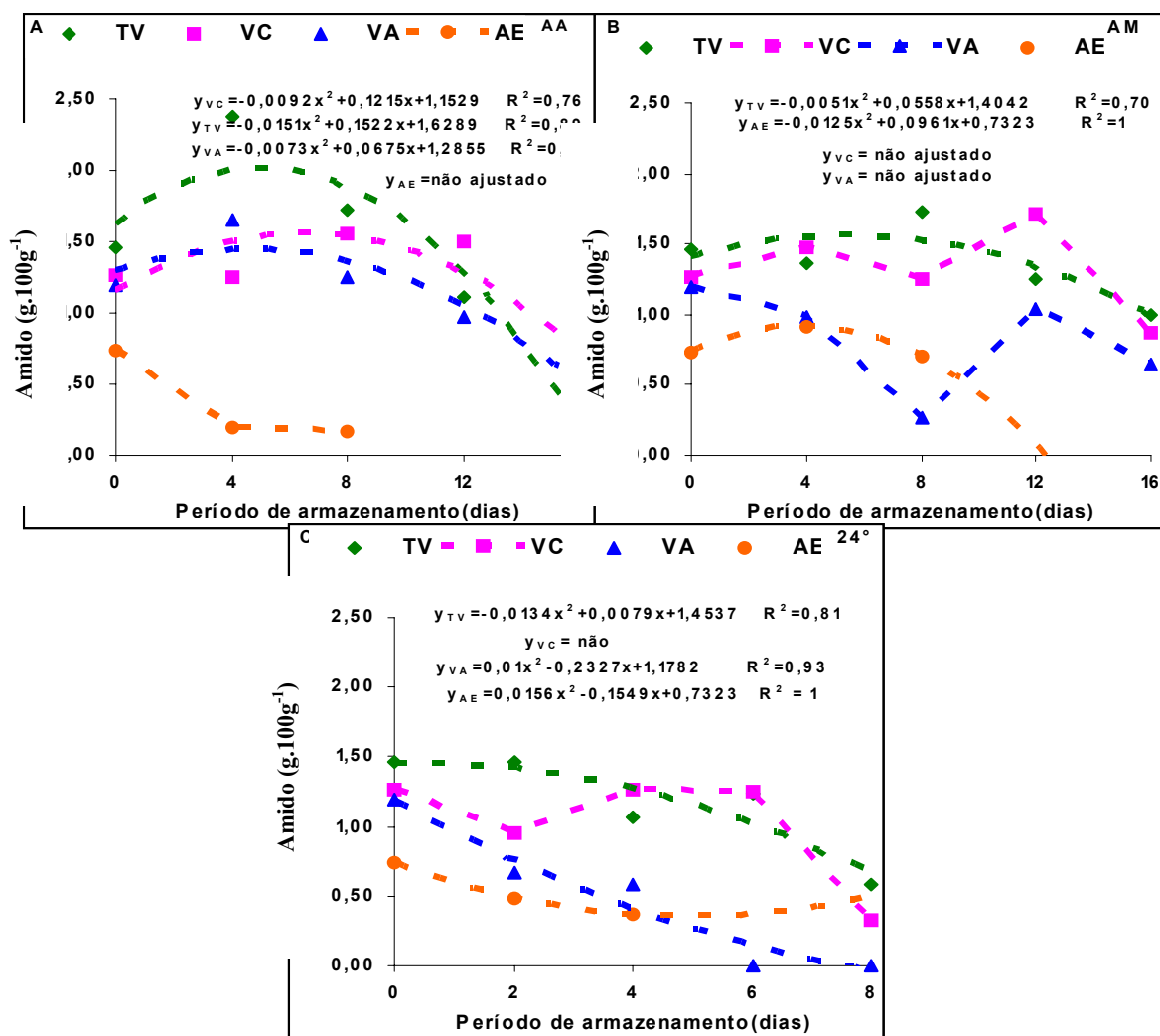


Figura 6 – Amido (g.100g⁻¹) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração (10°C ± 0,5°C e 90 ± 1% UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientais (24°C ± 2 °C e 85 ± 2%UR)(C).

Evolução da Cor da Casca. A evolução da cor da casca de umbu-laranja diferiu entre as atmosferas de armazenamento. Frutos mantidos sob atmosfera modificada apresentaram evolução da cor mais lenta em comparação com frutos sob AA.

A avaliação da coloração da casca dos frutos de umbu-laranja iniciou-se com a tonalidade totalmente verde (estádio TV) (notas entre 1 - 2) no primeiro dia de avaliação, acentuando-se ao longo do período de avaliação para uma tonalidade totalmente amarela (nota próxima a 7) para todos os estádios de maturação (Figura 7).

A permeabilidade do filme de PVC associado à refrigeração pode ter influenciado significativamente no desenvolvimento da coloração da casca do umbu-laranja. Esse

argumento é evidenciado pelo fato de que ao 16º dia de armazenamento sob refrigeração, verificou-se em todos os frutos mantidos sob AM uma evolução mais lenta da coloração do que os frutos em AA. Neste ponto, os frutos sob AA já apresentavam uma coloração amarelada em toda a superfície, demonstrando um avanço mais acentuado no estágio de amadurecimento. Este comportamento, segundo alguns autores (Mosca et al., 1999; Neves et al., 2002; Souza et al., 2002; Yamashita et al., 2002), pode ser explicado pelo fato de que a embalagem, quando compatível com o metabolismo específico do fruto, diminui a taxa do metabolismo, retardando o amadurecimento, que consiste no aspecto mais importante na comercialização de frutos *in natura*.

Nos frutos armazenados a 24°C verificou-se mudança na coloração de totalmente verde para totalmente amarelo, no quarto dia de armazenamento, enquanto os frutos refrigerados e sob AM mantiveram a coloração verde clara até o 14º dia.

Em geral, houve evolução mais rápida da cor em frutos armazenados sob condições ambientes. Nessas condições, ocorre o aumento da taxa respiratória, o que condiciona maior biossíntese de etileno e acelera o processo de maturação, com degradação de clorofila e a síntese de outros pigmentos, como os carotenóides (KAYS, 1997; ARTÉS et al., 1999).

A maior eficiência no controle da variação de cor nos frutos armazenados em filmes poliméricos também foi verificada em brócolis (BEAUDRY, 1999; LEE & KADER, 2000).

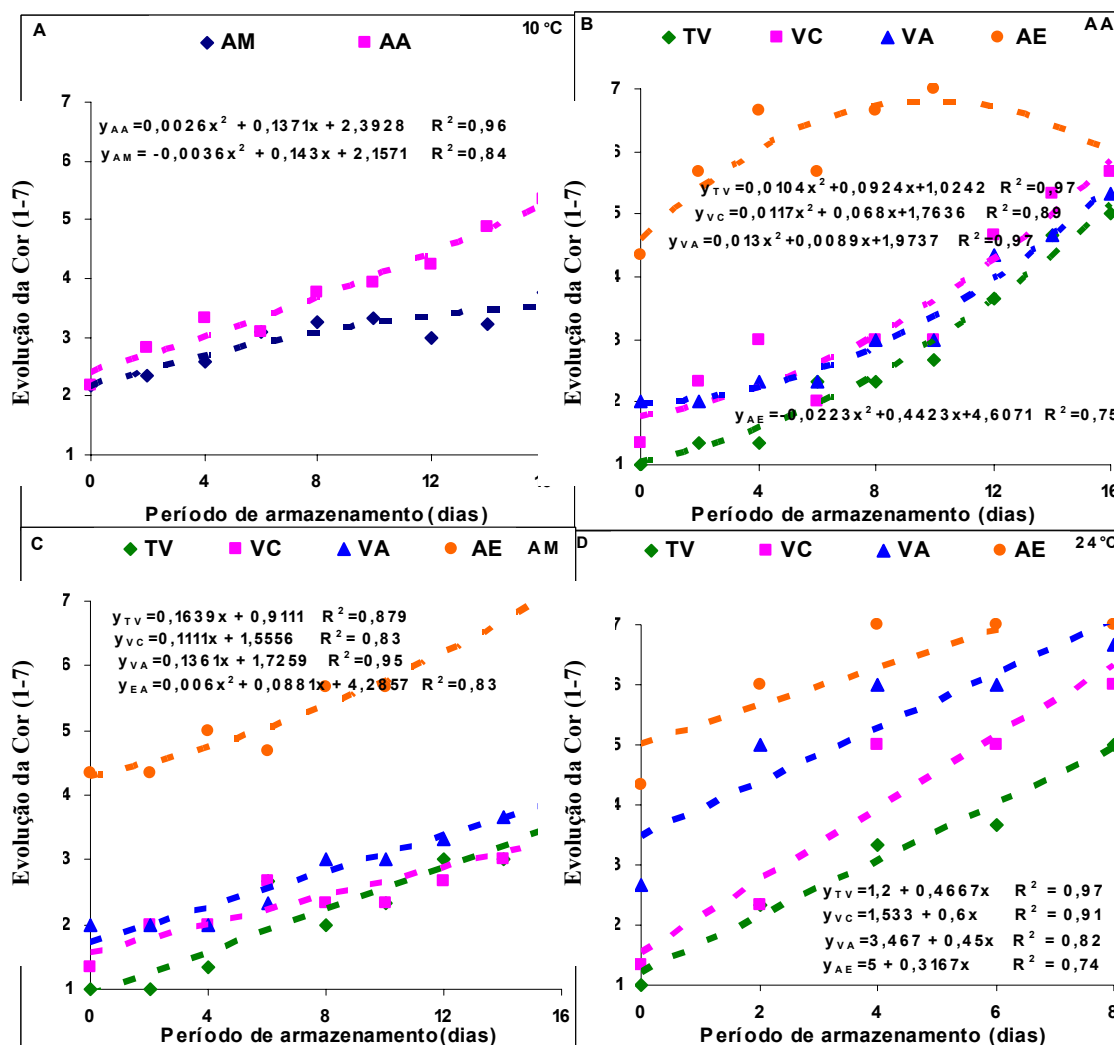


Figura 7 – Evolução da coloração da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE) mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) (A) em atmosferas ambiente AA (B) e modificada (C) e sob condições ambientais ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(D).

Coloração Objetiva da Casca

Ângulo Hue ($^{\circ}\text{H}$). A intensidade de cor foi influenciada pelos estádios de maturação atmosfera de armazenamento para frutos mantidos a 10°C (Figura 8 A e B). Frutos mantidos sob AA apresentaram declínio de $^{\circ}\text{H}$ para todos os estádios indicando uma possível oxidação de pigmentos. Para frutos mantidos sob AM, no entanto, H° aumentou durante o armazenamento, indicando menor intensidade de cor amarela, quando comparado a AA.

O decréscimo no ângulo de cor (H°), ao longo do armazenamento, indica a intensificação da pigmentação da casca, podendo estar associado à degradação da clorofila e oxidação dos carotenóides (Figura 8). De acordo com McGuire (1992), valores de H° mais distantes de 90° representam frutos bem mais verdes, ao passo que, quanto mais próximas a 90° , mais amarelos são os frutos.

As medidas do Ângulo Hue na região da casca do umbu-laranja mostraram o efeito da atmosfera modificada empregada ($P \geq 0,05$) em retardar o avanço da tonalidade amarela da casca (maior Ângulo Hue). Os menores valores observados nos frutos refrigerados, ou seja, mais próximos de 90° , ocorreram nos frutos mantidos em atmosfera ambiente (AA). Essa redução no valor do $^{\circ}\text{H}$ representa o avanço da maturação mais pronunciada, proporcionado pela atmosfera ambiente.

Para todos os estádios de maturação dos frutos mantidos sob condições ambiente, antes do sexto dia, os valores já se aproximava de 90° , ou seja, a maturidade se encontrava bem avançada. Para o estágio verde claro (VC), a partir do 6º dia de armazenamento, observou-se um declínio de $^{\circ}\text{H}$, resultando da oxidação de pigmentos.

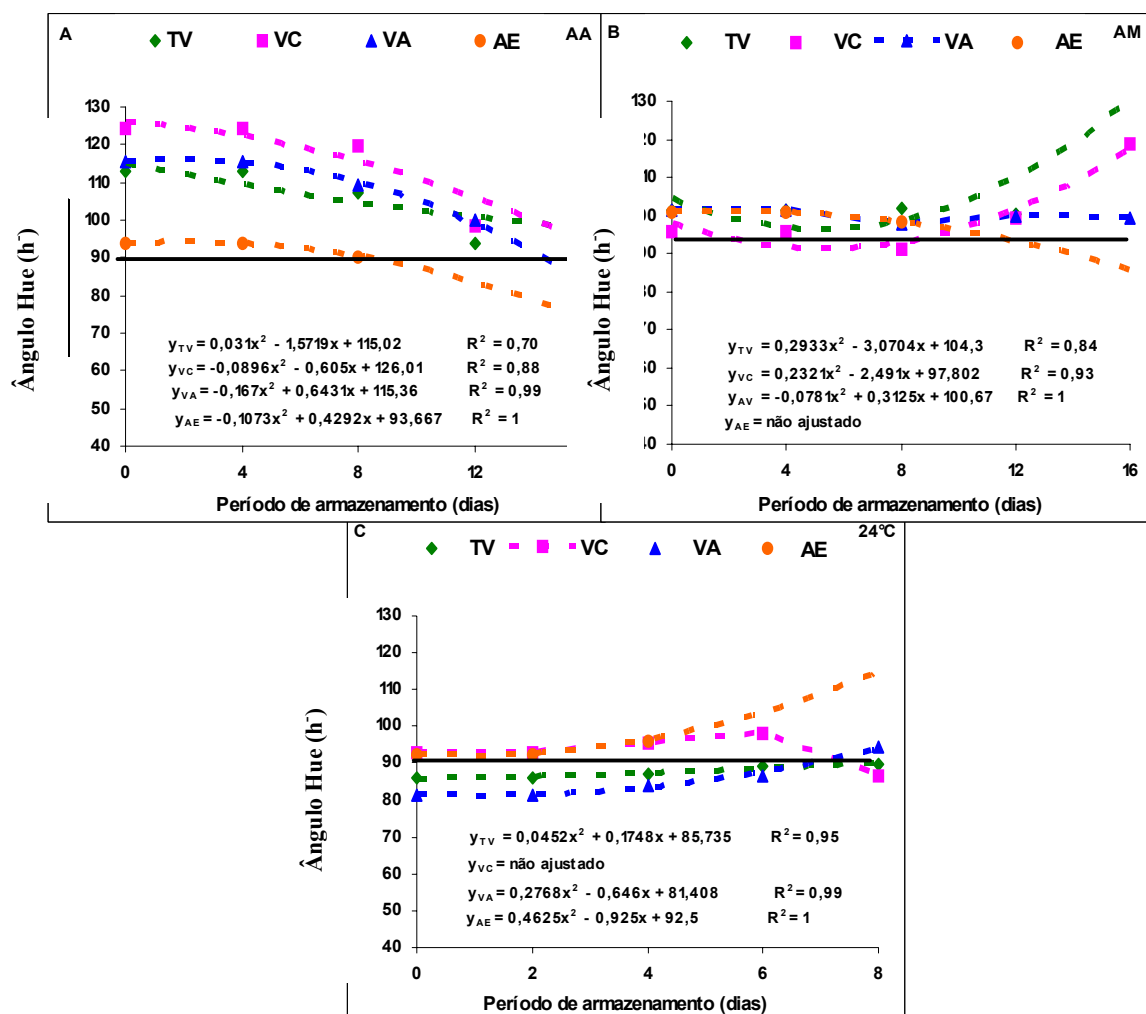


Figura 8 – Ângulo Hue (°H) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C).

Luminosidade (L^*). Frutos mantidos sob atmosfera modificada apresentaram mais brilho da casca (Figura 9A). Frutos mantidos sob atmosfera modificada apresentaram um aumento da luminosidade da casca no início do armazenamento até o 12º dia, tornando os frutos com uma coloração mais brilhante, logo após os valores decresceram quando os estádios VC e VA foram atingidos até o final do armazenamento. Esse comportamento foi também observado para os frutos em AA (Figura 9B), porém os estádios de maturação, cujo fruto diminui a luminosidade foi o VC e TV.

Em relação aos frutos mantidos sob condições ambiente, os frutos independente de estádios de maturação apresentaram discreto aumento da luminosidade até o sexto dia, verificando uma diminuição da luminosidade para os estádios mais imaturos (verdosos), tornando os frutos sem brilho, e com aparência comprometida (Figura 9 C).

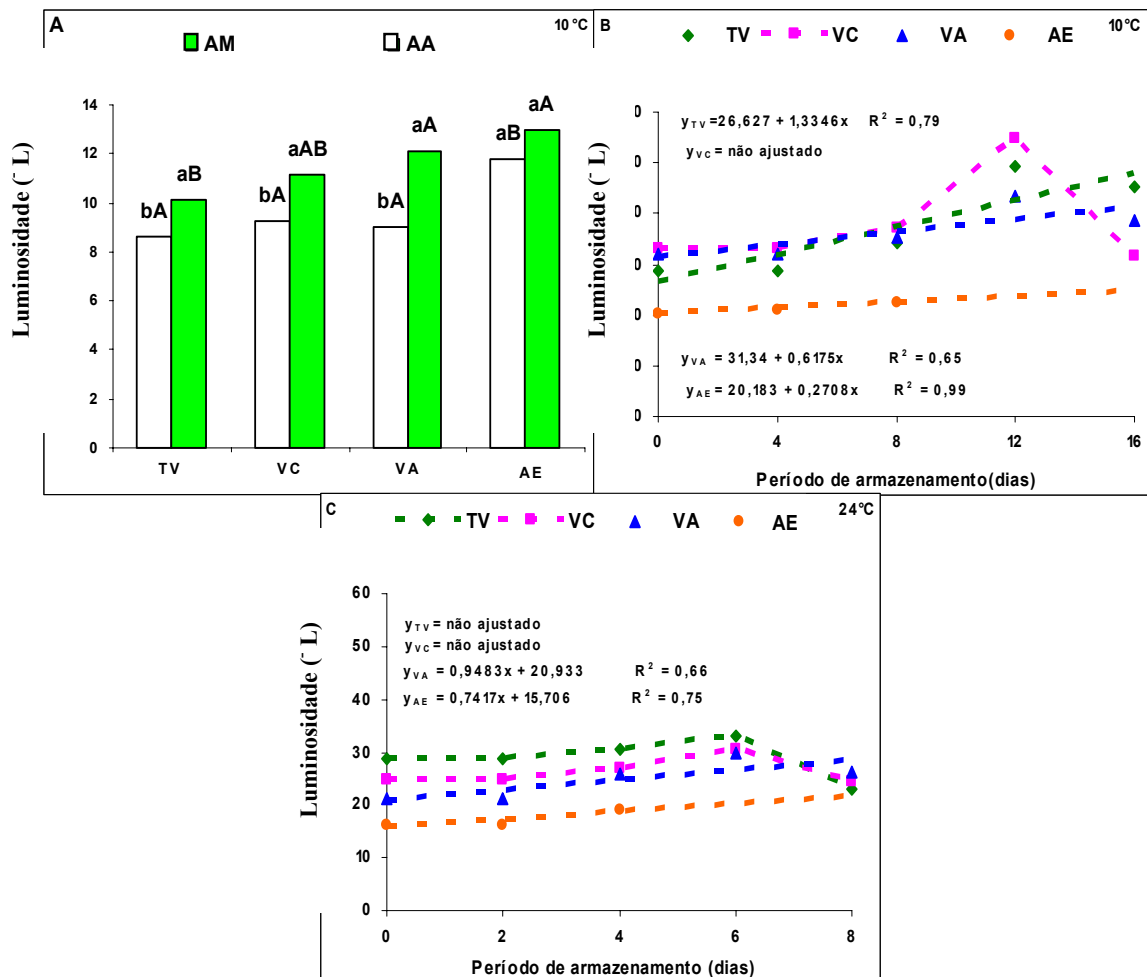


Figura 9 – Luminosidade da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) (A e B) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C).

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente quanto à atmosfera, e pelas maiúsculas quanto ao estágio de maturação.

Cromaticidade (*C). O croma, segundo McGuire (1992), define a intensidade da cor, assumindo valores próximos à zero para cores neutras (cinza) e ao redor de 60 para cores vividas. Assim, maiores valores de croma significam maior intensidade da coloração amarela.

Os frutos mantidos refrigerados foram perdendo a vividez (declínio em C*) durante o armazenamento (Figura 10 A, B e C). Para todos os estádios de maturação, exceto o VC, a cromaticidade foi maior naqueles sob atmosfera modificada (Figura 10A), mantendo por mais tempo a vividez da cor amarela da casca.

Nos frutos armazenados sob condições ambiente a cromaticidade tendeu a elevar-se (Figura 10D), podendo este aumento estar associado ao início do escurecimento e/ou oxidação de pigmentos da casca decorrente do avanço da maturação do umbu-laranja.

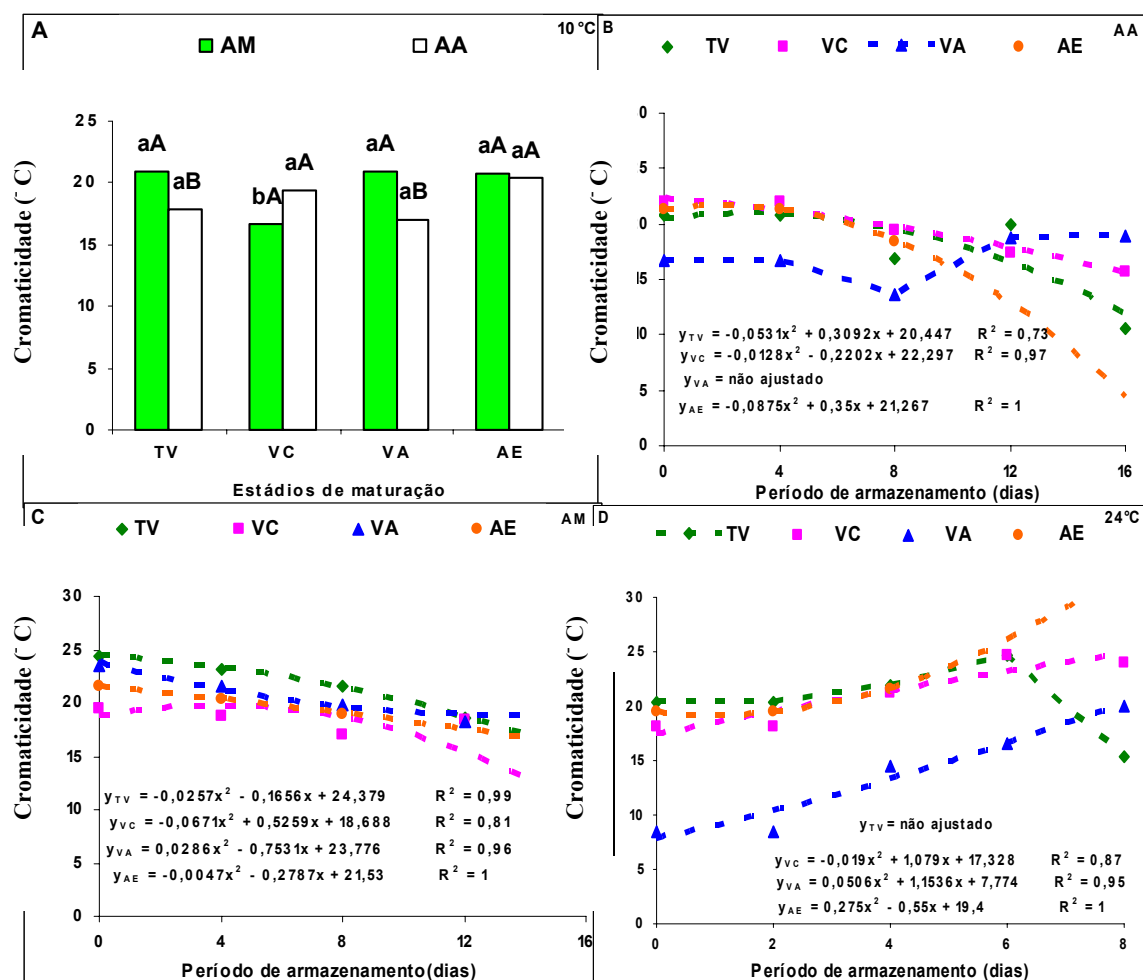


Figura 10 – Cromaticidade da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) (A) em atmosferas ambiente AA (B) e modificada (C) e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(D).

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente quanto à atmosfera, e pelas maiúsculas quanto ao estágio de maturação.

Parâmetros a* e b*. Para a casca dos frutos mantidos sob condições ambientes, a coloração verde diminuiu (aumento em a*, passando de valores negativos para positivos), mostrando claramente o desverdecimento do fruto durante o armazenamento (Figura 11C), concordando com os valores observados para o parâmetro b*, que diminuiu consideravelmente ressaltando o surgimento da coloração amarela (Figura 12C).

Em frutos mantidos a 10°C sob AM, observou-se que o maior desverdecimento (aumento em a*) aconteceu nos frutos nos estádios mais imaturos (Figura 11B), ao mesmo tempo em que a cor amarela também aumentava (aumento em b*), evidenciada para todos os estádios de maturação após 16 dias de armazenamento. Frutos mantidos sob AM mantiveram a cor verde quando sob refrigeração.

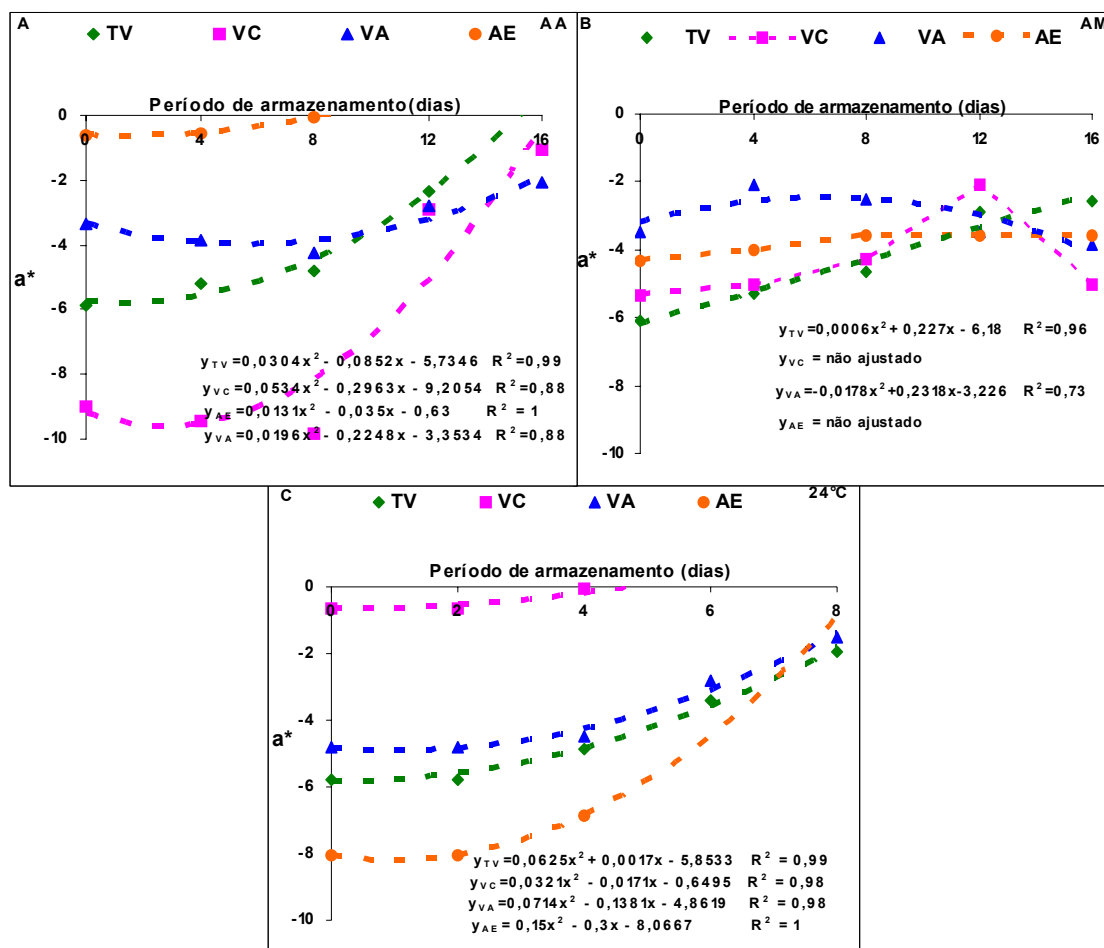


Figura 11 – Parâmetro a* da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração (10°C ± 0,5°C e 90 ± 1% UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientes (24°C ± 2 °C e 85 ± 2%UR)(C).

Considerando os frutos refrigerados mantidos sob AA, os valores de a^* aumentaram para todos os estádios de maturação (Figura 11A), enquanto o parâmetro b^* diminuiu acentuadamente nos frutos do estágio AE (Figura 12A).

Frutos mantidos sob condições ambientes apresentaram decréscimo linear da coloração (Figura 12C).

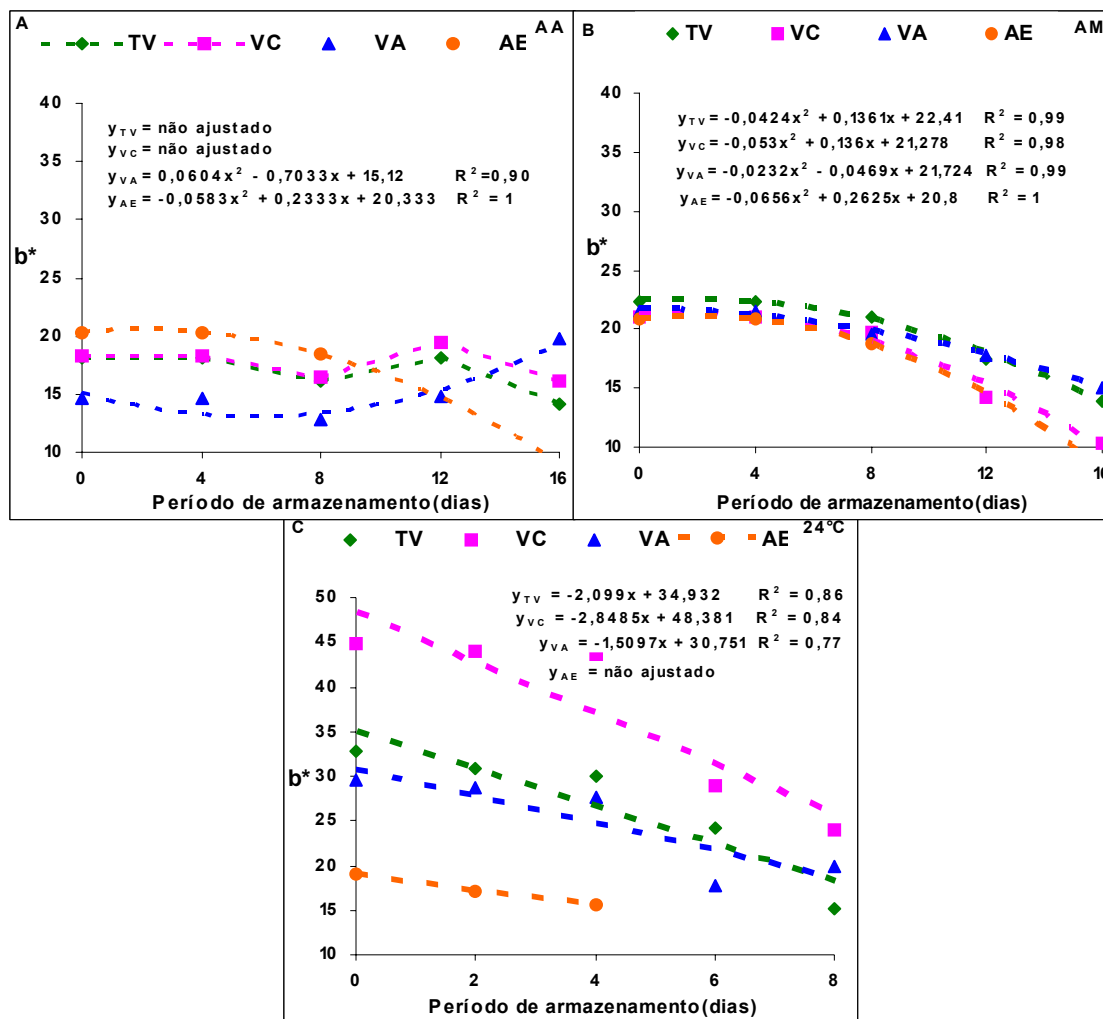


Figura 12 – Parâmetro b^* da casca do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente AA (A) e modificada (B) e sob condições ambientais ($24^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C).

6. CONCLUSÃO

- O emprego de refrigeração associado à atmosfera modificada foi o fator determinante na manutenção dos carboidratos e da coloração de umbu-laranja;
- A temperatura de 10°C resultou na manutenção do conteúdo de clorofila, independente da atmosfera de armazenamento;
- Umbu-laranja apresenta coloração da casca amarela quando o amadurecimento é atingido;
- A atmosfera modificada retardou a evolução da coloração da casca, independente do estágio de maturação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D. I. Cooper enzymes of in fisolated choroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. Washington, v. 24, n.1, p.1-15, 1985.

ARTÉS, F.; CONESA, M.A.; HERNÁNDEZ, S.; GIL, M.I. Keeping quality of fresh-cut tomato. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, p.153-162, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, DC., 1984. 1989p.

BARBOSA, I. do S.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, H. Estudo pomológico de plantas de umbu de diferentes regiões da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10, 1989, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1989, p. 442-445.

BALDWIN, E.A. Citrus fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. Chapter 8, p.255-271.

BEAUDRY, R.M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, p.293-303, 1999.

BEAUDRY, R. M. Modified atmosphere packaging. In: HARDENBURG, R. E; WATADA, A. E.; WANG, C. Y.; GROSS, K. **The Commercial storage of fruits, vegetables, and florists, and nursery stocks**. Washington, D.C., p. 456-567, 2004.

BELING, R.R. **Anuário brasileiro da fruticultura**. Santa Cruz do Sul: GAZETA SANTA CRUZ, 136p, 2004.

CASAS, A.; MALLENT, D. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influencia de la especie, de la variedad y de la temperatura **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v.28, n.2, p.185-202, 1988a.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortalças: Fisiologia e Manuseio**. 2ª ed Lavras: ESAL/FAEPE, p. 785, 2005.

DOMINGUEZ, M.; M. VENDRELL. Ethylene biosynthesis in banana fruit: Evolution of EFE activity and ACC levels in peel and pulp during ripening. *Journal of Horticultural Science*. v.68, n.1, p.63-70, 1993

GOLDSMITH, E.E. Regulatory aspects of chloro-chromoplast interconversions in senescing *Citrus* fruit peel. *Israel Journal of Botany*, Jerusalem, v.37, n.2-4, p.123-130, 1988.

GROSS, K. C.; WALLNER, S. J. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. *Plant Physiology*, Rockville, v.63, p.117-120, 1979.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 385 p., 1985.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, n.16, p.187-193, 1999.

HANSEN, H.; WEICHMAN, J. Carbohydrates. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, p.113-70, 1987.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v.40, n.5, p. 99-104, 1986.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Exon Press, Athens, 531 p., 1997.

KONISHI, Y.; KITAZATO, S.; ASANO, R. et al.. Polymorphism of acid and neutral α -glucosidases in banana pulp: changes in apparent pIs and affinity to Con A of the enzymes during ripening. **Agricultural Biological Chemistry**, Tokyo, v. 55, n.4, p. 1089-1094, 1991.

LAILOLO, F. M. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento de frutos: aplicações da genômica funcional. Entrevista disponível em: **www.usp.com.br**, acesso em 10/05/07.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, p.207-220, 2000.

LIZADA, C. **Mango**. In: SEYMOUR, G.B., TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. Biochemistry of Fruit Ripening. London: Chapman & Hall, 454p , 1993.

MARTINS, L. P. **Fisiologia da Maturação, Amadurecimento e Armazenamento Pós-Colheita de Ciriguela (*Spondias purpurea* L.)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 121 p., Areia, 2000.

MAZZUZ, C.F. **Calidad de frutos citricos**: manual para su gestion desde la recoleccion hasta la expedicion. Barcelona: Ediciones de Horticultura, 1996. 317p

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

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Japão, 49p., 1994.

MOSCA, J. L.; MUGNOL, M. M.; VIEITES, R. L. **Atmosfera modificada na pós-colheita de frutas e hortaliças**. Botucatu: FEPAF, 1999, 28p.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. de G. Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Boletim Técnico**, Universidade Federal de Lavras, ano XI, n. 127, Lavras, 2005.

NEVES, L.C.; RODRIGUES, A.C.; VIEITES, R.L. Polietileno de baixa densidade (PEBD) na conservação pós-colheita de figos cv. "Roxo de Valinhos". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.57-62, 2002.

NEWCOMB, W. Plastid structure and development. In: DENNIS, D. T.; TURPIN, D. H. **Plant physiology**, biochemistry and molecular biology. London, Longman, p. 193- 197, 1996.

PARIASCA, J.A.T.; MIYAZAKI, T.; HISAKA, H.; NAKAGAWA, H.; SATO T. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow pea pods (*Pisum sativum* L. var. *saccharatum*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.21, p.213-223, 2001.

SAEZ, C; OLÍAS, P. R.; OLÍAS, J. M. Quality of strawberries packed with perforated polypropylene. **Journal of Food Science**, Chicago, v.64, n.4, p.748-751, 1999.

SANTOS, A. F.; SILVA, S. M.; ALVES, R. E. Armazenamento de pitanga sob atmosfera modificada e refrigeração: I-transformações químicas em pós-colheita. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 28, n.1, p. 36-41, 2006.

SILVA, F.M.; CHAU, K.V.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, p.1-9, 1999.

SILVA, M.S.; SANTOS, E.C.; SANTOS, A.F.; SILVEIRA, I.R.S; MENDONÇA, R.M.N.; ALVES, R.E. Influence of 1-Methylcycloprene on postharvest conservation of different mango cultivars. **Acta Horticultural**, v. 678. p. 667-670. 2004.

SOUZA, J.P. de; PRAÇA, E.F.; ALVES, R.E.; NETO, F.B.; DANTAS, F.F. Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.665-668, 2002.

SMITH, R. B. Controlled atmosphere storage of “Redcoat” strawberry fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, p.260-264, 1992.

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

TORRES, L. B. V.; SILVA, S. M.; LOPES, M. F.; SILVA, R. A. R.; GALDINO, P. O. Armazenamento de Ciriguela sob Atmosfera Modificada por Filme de PVC. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Cabo Frio – RJ, 17 a 22 de setembro de 2006.

VILAS BOAS, E. V. B.; ALVES, R. E., FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B. **Banana Pós-Colheita**. Série Frutas do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2001. p. 15-19.

WILLS, R. H. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, W. B.; HALL, E. G.; **Postharvest- an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Kensington: New South Wales University Press, 1981. 161p

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals**. 4th ed. Wallingford: New South Wales University Press, 1998. 262p.

YAMASHITA, F.; MIGLIORANZA, L.H. da S.; MIRANDA, L. de A.; SOUZA, C.M. de A. Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.658-660, 2002.

YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R.; MACHADO, J. A.; FALCÃO, J. V.; MIRANDA, S.P. Comportamento da maturação de mamão Tainung 1 cultivado em Brasília-DF. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.27 n.2, 2005.

Capítulo IV

Conservação Pós-Colheita do Acesso Umbu-Laranja (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) sob Atmosfera Modificada e Refrigeração

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DO ACESSO UMBU LARANJA (*SPONDIAS TUBEROSA* ARR.CAM.) ARMAZENADOS SOB ATMOSFERA MODIFICADA E REFRIGERAÇÃO

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar conservação pós-colheita durante o armazenamento de frutos do umbuzeiro do acesso umbu-laranja durante o armazenamento sob atmosfera modificada e refrigeração. Os frutos foram provenientes da propriedade Mendonça II, localizada no município de Juazeirinho-PB, micro-região do Brejo Paraibano, colhidos em quatro estádios de maturação: Totalmente Verde (TV), Verde Claro (VC), Verde Amarelado (VA) e Amarelo esverdeado (AE). O experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da UFPB, em Areia-PB. Os frutos foram mantidos sob atmosfera modificada (AM), por filme de cloreto de polivinila (PVC) e atmosfera ambiente (AA), a $10 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR e sob condições ambientes ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR). As avaliações realizadas foram perda de massa, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, ácido ascórbico e aparência geral. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial $2 \times 4 \times 5$, sendo os fatores avaliados atmosferas de armazenamento (AA e AM), estádios de maturação (TV, VC, VA, AE) e tempo de armazenamento. Os sólidos solúveis e acidez titulável aumentaram continuamente durante o armazenamento. O emprego de AM associada à refrigeração foi o fator determinante na conservação pós-colheita de umbu-laranja, mantendo a firmeza, proporcionando um aumento de quatro dias de vida útil aos frutos, mantendo a aparência dos frutos, principalmente os de maturidade mais prematura.

Palavras-Chave: *Spondias*, armazenamento refrigerado, qualidade, perda de massa, ácido ascórbico, aparência, filme de PVC

POSTHARVEST CONSERVATION OF THE ACCESS ORANGE-UMBU (*SPONDIAS TUBEROSA* ARR.CAM.) FRUIT STORED UNDER MODIFIED ATMOSPHERE AND REFRIGERATION

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the postharvest conservation of fruits of the umbu tree, access orange-umbu fruit during storage under modified atmosphere and refrigeration. Fruits were harvest from the property Mendonça II, located at Juazeirinho Municipal District, Paraíba (PB) State, Brazil, Micro-region of Brejo Paraibano, in four maturity stages: Totally Green (TV), Light Green (VC), Green-Yellowish (VA) and Yellow- Greenish (AE). The experiment was carried out in the Laboratorio de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita of the Centro de Ciências Agrárias of UFPB, in Areia-PB. Fruits were stored under modified atmosphere (AM) by polivinil chloride film (PVC) and room atmosphere (AA), at $10\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, and $90\pm 1\%\text{UR}$, and at room temperature ($24\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $85\pm 2\%\text{UR}$). Fruits were evaluated for fresh mass loss, firmness, soluble solids, titratable acidity, pH, ascorbic acid, and general appearance. The experimental design was the completely randomized, in a factorial outline ($2\times 4\times 5$), being the appraised factors were storage atmosphere (AA, AM), maturity stage (TV, VC, VA, AE), and storage time, in three replications. Data were submitted to variance analysis and the means to the Tukey test at 5% of probability. The soluble solids and titratable acidity increased continually during storage. The use of AM associated to refrigeration was the decisive factor on the postharvest conservation of the access orange-umbu fruits, maintaining fruit firmness, providing a four days increase in the postharvest life, maintaining the appearance, mainly for earlier maturity stages.

Key words: *Spondias*, refrigerated storage, quality, mass loss, ascorbic acid, appearance, PVC film

1. INTRODUÇÃO

O umbuzeiro pertencente à família *Anacardiaceae*, gênero *Spondias* e da espécie *Spondias tuberosa* é uma fruteira nativa do Semi-Árido do Nordeste brasileiro, apresentando grande importância sócio-econômica para a região, por representar para famílias de pequenos agricultores a principal fonte de emprego e renda no período da safra do fruto. A propagação do umbuzeiro é realizada quase que exclusivamente por sementes dificultando a presença dessas frutíferas em escala comercial, que tem o extrativismo, como a sua principal forma de exploração (LIMA, 2000).

O acesso umbu-laranja é caracterizado por apresentar tamanho maior, e quando maduro, formato completamente redondo e a coloração da casca totalmente amarela.

O crescente interesse dos consumidores por frutos tropicais *in natura*, poderá tornar a comercialização de frutos do umbuzeiro, um rentável negócio agrícola. No entanto, há necessidade de se desenvolver pesquisas para solucionar os problemas tecnológicos associados à sua conservação pós-colheita (ARAÚJO et al., 2000) Susceptibilidade a doenças, sensibilidade a baixas temperaturas no armazenamento, a danos físicos no manuseio e a alta perecibilidade do umbu limitam o transporte e a comercialização desse fruto em mercados mais distantes. Assim, o desenvolvimento de tecnologias visando estabelecer as condições que retardem o amadurecimento e a senescência, prolongando a vida útil durante o armazenamento e a manutenção da qualidade de umbu é necessário tendo em vista o potencial desse fruto.

Durante o processo de maturação, inúmeras transformações ocorrem na composição dos frutos. Estas alterações podem ser facilmente identificadas, sendo que, de acordo com Pantástico (1975) e Hulme (1970), as mudanças de sabor, redução da acidez e da adstringência, elevação no teor de sólidos solúveis e mudanças na textura, são as mais evidentes, as quais correspondem as principais transformações bioquímicas de interesse comercial.

O emprego da refrigeração é a tecnologia mais empregada no sentido de prolongar o período de conservação pós-colheita dos frutos, que quando associado a atmosfera modificada pode minimizar os efeitos resultantes da respiração e transpiração, como perda de massa e mudança na aparência (Jerônimo & Kaneshiro, 2000). Quando um filme plástico flexível gerador de atmosfera modificada é corretamente projetado, a composição gasosa no interior da embalagem interfere positivamente na atividade metabólica do produto embalado, reduzindo a taxa metabólica. A utilização de embalagens flexíveis, com

permeabilidade adequada a O_2 e CO_2 mantém a qualidade durante o armazenamento e leva a modificação na atmosfera, o que pode reduzir a atividade respiratória retardando o amadurecimento, a senescência, a perda de massa, o escurecimento enzimático e, conseqüentemente, os prejuízos na qualidade (MOSCA et al., 1999; SARANTÓPOULOS, 1999).

Segundo Kader et al. (1989), a seleção de um filme plástico que resultará em uma AM favorável, deve ser baseada na taxa respiratória e nas concentrações ótimas de O_2 e CO_2 para o fruto a ser embalado. Para a maioria dos frutos, exceto aqueles que toleram altos níveis de CO_2 , um filme adequado deve ser mais permeável ao CO_2 que ao O_2 . Para a obtenção do efeito adequado é necessário preservar uma concentração mínima de O_2 dentro das embalagens para que a respiração aeróbia continue ocorrendo normalmente, evitando anaerobiose (Kader, 1992).

Em busca de uma alternativa viável para a conservação pós-colheita do aceso umbu-laranja, visando ampliar o período de comercialização deste fruto, e permitir que esse possa atingir mercados mais distantes, esse trabalho tem por objetivo avaliar as características físicas e químicas de frutos colhidos em quatro estádios de maturação, armazenados sob refrigeração e atmosfera modificada por filme de PVC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de abril a agosto de 2006, no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-colheita do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado na cidade de Areia – PB. Os frutos do acesso umbu-laranja (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) utilizados foram colhidos de genótipos oriundos da propriedade Mendonça II, situada no município de Juazeirinho – Paraíba.

2.1 Instalação e condução do experimento

Os frutos foram colhidos manualmente, em quatro estádios de maturação, pré-selecionados no local da coleta, sem defeitos aparentes (manchas, doenças e/ou danos fisiológicos) e uniformes quanto ao tamanho. O acondicionamento dos frutos para o transporte foi feito em caixas plásticas isotérmicas forradas com papel bolha, de maneira a minimizar escoriações e levadas imediatamente ao Laboratório, onde o experimento foi conduzido. Em seguida, foram submetidos à lavagem com água corrente e como tratamento antifúngico, foram imersos em uma solução de hipoclorito de sódio comercial a 0,5%, permanecendo nesta solução por cerca de 10 minutos, sendo em seguida enxaguados com água destilada, a fim de retirar o cloro residual e secos ao ar.

Os frutos do acesso umbu-laranja foram classificados de acordo com a coloração da casca (Figura 1), através de seleção visual, definiram-se quatro estádios de maturação:

1-TV: fruto com coloração da casca totalmente verde, túrgido, firme, superfície lisa e brilhante;

2-VC: fruto com coloração da casca verde claro, com transição da cor verde para dar início a cor característica do fruto (ainda não definida), túrgido, firme, superfície lisa e brilhante;

3-VA: fruto com coloração da casca verde amarelado, com 50% da cor verde e 50% amarela, túrgido, pouco firme, superfície lisa e brilhante;

4-AE: fruto com coloração da casca amarelo esverdeado, túrgido, perda completa da firmeza, polpa com elevada suculência, superfície lisa amarelo esverdeada e brilhante.

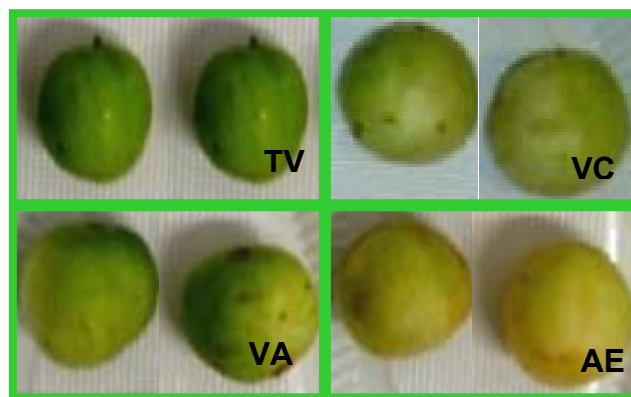


Figura 1. Umbu-laranja colhido em quatro estádios de maturação, TV (totalmente verde), VC (verde claro), VA (verde amarelado), AE (amarelo esverdeado).

Delineamento experimental. O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $4 \times 2 \times 5$, com três repetições, avaliando-se independentemente cada temperatura, sendo os fatores: quatro estádios de maturação, modificação da atmosfera em dois níveis (AA (atmosfera ambiente) e AM (atmosfera modificada)), e cinco períodos de avaliação. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F.

Na instalação do experimento, os frutos foram acondicionados em bandejas de cloreto de polivinila (PVC) rígido, contendo em média 200g. Em seguida, um terço do total das bandejas foi envolvida com filme de cloreto de polivinila (PVC) flexível de 13 μ m de espessura, para a modificação da atmosfera (AM), os demais foram mantidos sem filme, caracterizando a atmosfera ambiente (AA). As condições de armazenamento dos frutos foram câmara fria a $10 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR sob AM e AA. Paralelamente, foi instalado um experimento com frutos sob condições ambientes ($24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR), mantido apenas sob AA. Para o experimento sob condições ambientes, foram realizadas avaliações a cada dois dias até o oitavo dia. Para frutos mantidos a 10°C as avaliações foram realizadas a cada quatro dias, durante 16 dias. As avaliações realizadas foram:

Perda de Massa (%). Calculada tomando-se como referência o peso inicial dos frutos, para cada período de análise, usando-se balança semi-analítica.

Firmeza (N). Determinada individualmente em dois pontos do fruto íntegro, com penetrômetro Magness Taylor Pressure Tester (DRILL PRESS STAND, CANADÁ), região de inserção de 2/16 polegadas.

Sólidos Solúveis (%). Foram avaliados através da leitura refratométrica direta, com o refratômetro digital tipo Abbe, marca ATAGO - N1. Resultados expressos em %.

Acidez Titulável (% ácido cítrico). Determinada por titulometria com hidróxido de sódio 0,1N utilizando-se fenolftaleína a 1% como indicador (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

pH. Medido em potenciômetro, com eletrodo de membrana de vidro calibrado com soluções de pH 4,0 e 7,0, conforme AOAC (1984).

Ácido Ascórbico (mg.100g⁻¹). Foi determinado por titulação com 2,6-diclofenol-indofenol (DFI) a 0,1%, padronizada com ácido oxálico, conforme metodologia descrita por AOAC (1984), e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa.

Avaliação subjetiva de aparência (1-6). Realizada por 6 avaliadores não treinados, utilizando-se escala subjetiva variando de 1 a 6, conforme descrito abaixo.

Escala subjetiva de aparência:

1 = Perda completa da turgidez, superfície murcha e enrugada, desenvolvimento de microorganismos, senescência avançada;

2 = Perda da turgidez, início de murchamento, pouco brilho aparente, presença de manchas escuras, sintomas de senescência;

3 = Fruto pouco túrgido, início de murchamento, sem brilho aparente, início de surgimento de manchas e dano físico;

4 = Fruto perdendo a turgidez, perda de brilho, aparência pouco atrativa, ausência de doenças, manchas ou dano físico;

5 = Fruto túrgido, superfície lisa e brilhante, ausência de manchas escuras ou doenças;

6 = Fruto fresco, túrgido, superfície lisa e brilhante, atrativo, ausência de manchas escuras ou doenças.

Análise Estatística. A partir dos resultados das análises de variância preliminares, e verificando-se a interação entre os fatores, o tempo foi desdobrado dentro de cada tratamento, e os resultados submetidos à análise de regressão polinomial. Foram consideradas equações de até 2º grau. O coeficiente de determinação mínimo para a utilização das curvas foi de 0,60. Para os casos em que a interação entre os fatores estudados não foi significativa, os valores foram representados pelas médias dos tratamentos sem o ajuste de curvas. A perda de massa e a aparência global foram analisadas, em parcela subdividida no tempo, em esquema fatorial correspondente à

temperatura avaliada As avaliações subjetivas foram transformadas por $\sqrt{x+1}$. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e apresentando significância, as médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perda de Massa (%) - Para frutos mantidos a 10°C, a perda de massa foi influenciada pela interação atmosferas x estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 2A, B e C). Para frutos mantidos sob condições ambientes, a perda de massa aumentou linearmente, pelos estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 2D). Frutos mantidos sob AM perderam significativamente menos massa do que os sob AA (Figura 2A). Para frutos mantidos sob AA, a maior perda de massa observada no final do armazenamento foi para frutos colhidos no estágio de maturação VC (verde claro), independente de atmosfera ou temperatura de armazenamento.

O uso de atmosfera modificada (AM) proporcionou redução significativa ($P \leq 0,01$) da perda de massa em frutos de umbu-laranja quando comparada à atmosfera ambiente (AA) (Figura 2.4A). A perda de massa é fortemente reduzida por meio do uso de filmes plásticos, como também observado em mangas (Rodov et al., 1997; Rosa et al., 2001; Sousa, 2001; Yamashita et al., 2001) e em tangerinas (Pérez Guzmán et al., (1999); goiabas (Carvalho, 1999) e em maracujás (Rezende et al., 2001).

Frutos embalados sob AM obtiveram a menor perda de massa durante os dezesseis dias de armazenamento, atingindo o percentual médio final de 5,01%, enquanto os frutos mantidos sob refrigeração, porém, sem a utilização do filme, obtiveram um percentual médio de 36,8% de perda de massa. Para frutos mantidos sob condições ambientes a perda média de massa foi de 33,84% ainda no oitavo dia de armazenamento.

A eficiência do filme de PVC na redução da perda de massa observada nos frutos mantidos refrigerados, possivelmente, foi decorrente a formação de um micro-ambiente saturado de umidade no interior da embalagem, em função dos coeficientes físicos de permeabilidade do filme de PVC ao vapor de água, levando à diminuição ainda maior do gradiente de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera da embalagem e, conseqüentemente, reduzindo a transpiração dos frutos (BEN-YEHOSHUA, 1985; ROBERTSON, 1993; HERPPICH et al., 1999; FONSECA et al., 2000).

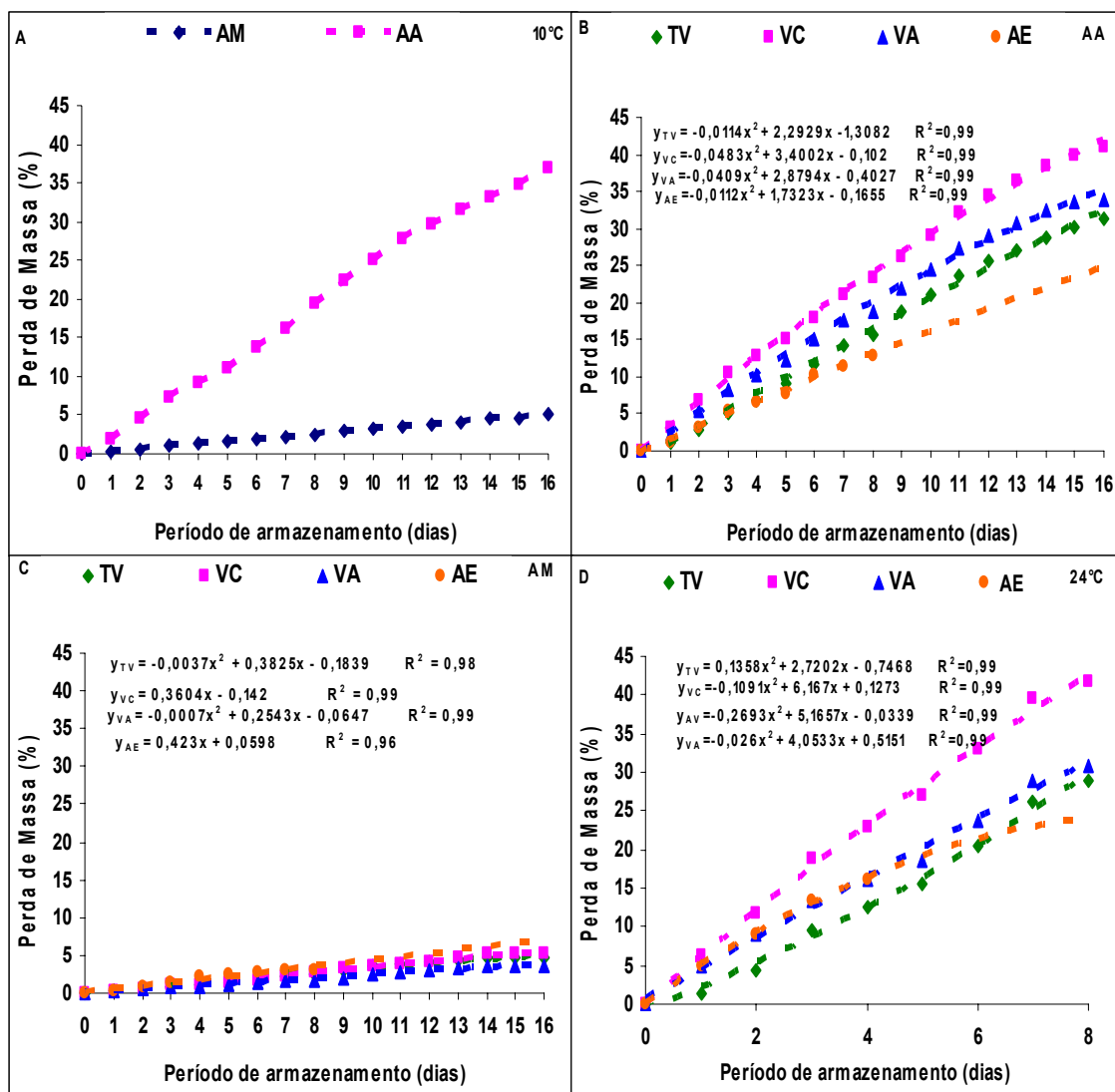


Figura 2 – Perda de Massa do aceso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) (A) em atmosferas ambiente (AA) (B) e modificada (AM) (C), e sob condições ambientais ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (D).

Firmeza (N). A firmeza dos frutos foi significativamente afetada pelo uso de AM (Figura 3A), de modo que frutos sob AM mantiveram-se mais firmes durante o armazenamento quando comparados à AA. Para frutos mantidos a 10°C , a firmeza foi influenciada pela interação atmosferas x estágio de maturação durante o armazenamento. Para frutos mantidos sob condições ambientes a firmeza foi influenciada pelo estágio de maturação. A firmeza é um parâmetro importante, porque além de definir a qualidade do

fruto para o consumo *in natura* ou para processamento, contribui para a avaliação da vida útil pós-colheita de um fruto (Conway et al., 1995). A perda de firmeza está associada à ação de enzimas hidrolíticas da parede celular, e é bastante provável que essa ação resulte nas alterações químicas e estruturais nas paredes celulares (Chitarra e Chitarra, 2005) e como consequência no amolecimento do fruto com o amadurecimento (ASIF & NATH, 2005).

Umbu-laranja nos estádios **TV** e **VC** apresentaram maior firmeza que frutos em estágio de maturação mais avançados. Em geral, os frutos verdes ou no início da maturação são relativamente pobres em pectina solúvel. A medida que o teor de pectina solúvel aumenta durante a maturação, os tecidos da polpa perdem a coesão entre as células, causada pela redução da protopectina e degradação da pectina, resultando na perda gradual da firmeza (KAYS, 1997).

Em geral, houve redução da firmeza ($P < 0,05$) durante o armazenamento, evidenciado na Figura 3. Os frutos submetidos a AM mantiveram-se firmes por mais tempo; porém, apenas os estádios de maturação mais avançado perderam completamente sua firmeza, no 16º dia e quarto dia para os estádios **VA** e **AE**, respectivamente. Nos frutos mantidos sob AA os estádios **VA** a **AE**, a perda da firmeza foi completa no oitavo e quarto dias, respectivamente. Segundo Torrellardona (1983), quando a colheita é realizada em estádios de maturação avançados, embora proporcione melhor evolução da coloração, limita o período de armazenamento pela maior desidratação, incidência de distúrbios fisiológicos, presença de sabores estranhos, podridões e rápida perda da firmeza da polpa.

No armazenamento sob condições ambientes os frutos, em todos os estádios de maturação, apresentaram perda completa da firmeza entre o quarto e sexto dia de armazenamento.

A diminuição da firmeza pode ser também atribuída à perda excessiva de água dos tecidos, com a diminuição da pressão de turgescência que ocorre em situações de armazenamento sob baixa umidade relativa do ar, com o desequilíbrio nutricional e também decorrente da ação enzimática sobre substâncias pécticas da parede celular (Crisosto et al., 1997).

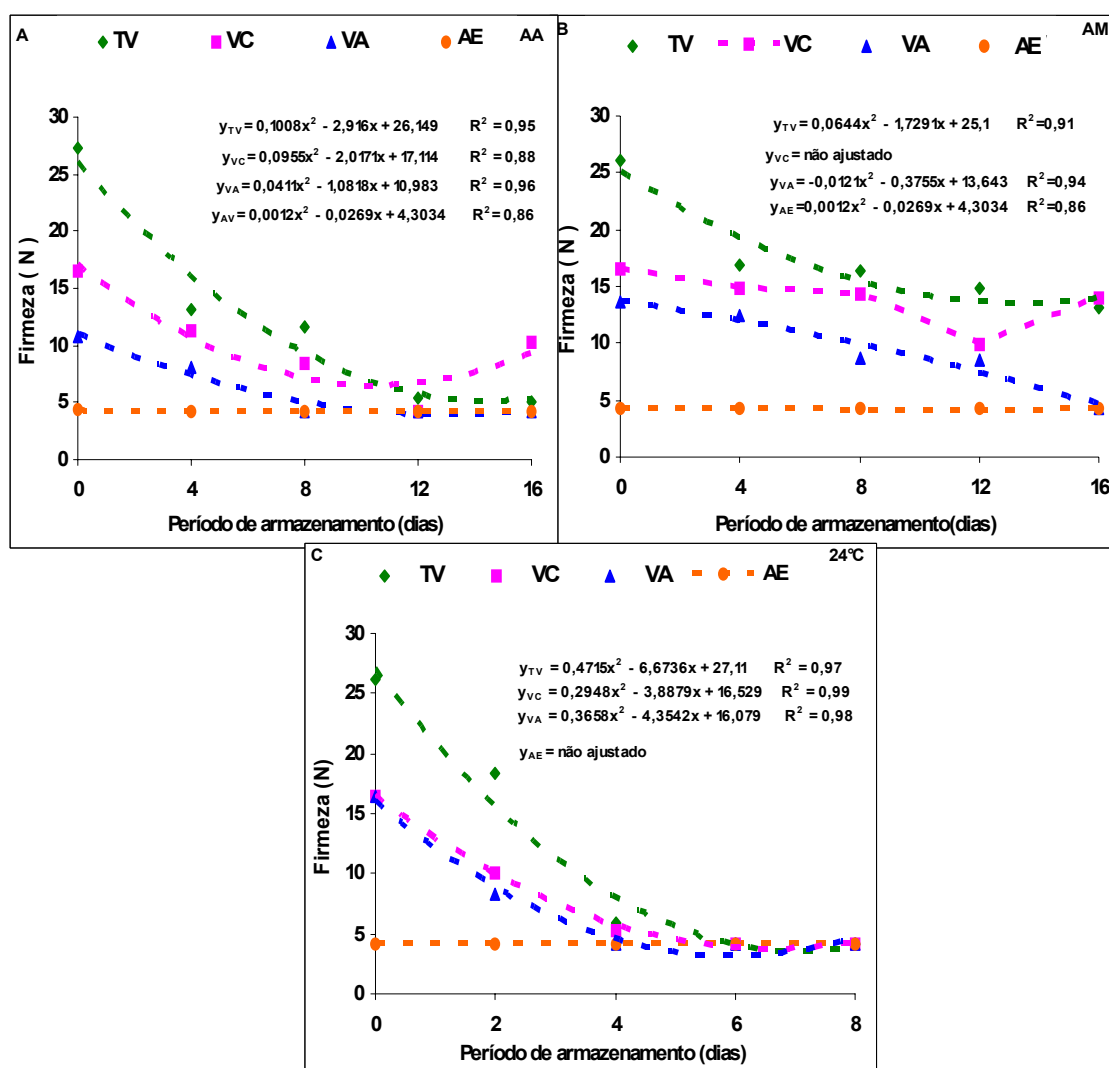


Figura 3 – Firmeza do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) (D) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C).

Sólidos Solúveis. O conteúdo de sólidos solúveis (SS) foi influenciado pela atmosfera de armazenamento (Figura 4D). Dentro das atmosferas de armazenamento, os estádios de maturação influenciaram os SS durante o armazenamento a 10°C (Figuras 4 A e B). Para frutos mantidos a 24°C , foi observado interação entre os estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 4C). O conteúdo de SS aumentou para todos os tratamentos, durante o armazenamento. O conteúdo de SS foi mantido mais baixo ($P < 0,01$)

para frutos armazenados a 10°C sob AM, quando comparado aos mantidos em AA (Figura 4D). Frutos mantidos sob AM mantiveram níveis quase constantes de SS, durante 16 dias de armazenamento a 10°C (Figura 4B)

Frutos mantidos sob AA apresentaram aumento nos SS, principalmente para o estágio amarelo esverdeado (AE), o qual apresentou comportamento quadrático ascendente, provavelmente pela maior desidratação, o que proporcionou a concentração dos SS. Para frutos de estádios de maturação mais prematuros (TV, VC, VA) os SS aumentaram linearmente, atingindo para o estágio VA 14% após 16 dias de armazenamento, com taxa de aumento de 0,399% ao dia. Para frutos mantidos sob AM os SS também aumentaram acentuadamente durante o armazenamento (Figura 4 B). Entretanto, para frutos dos estádios TV, VC e VA, embora tenha-se observado um aumento significativo nos SS durante o armazenamento, esse foi discreto (Figura 4.4B). Estes comportamentos estão concordantes com Souza et al. (2002) e em manga (Tommy Atkins) Yamashita et al. (2002), em atmosfera onde a diminuição na atividade metabólica dos frutos embalados é atribuída à modificação atmosférica no interior das embalagens, proporcionando contenção nos teores de SS.

Por outro lado, os maiores incrementos nos SS foram detectados nos frutos mantidos sob condições ambiente (Figura 4.4 C), que ao oitavo dia de armazenamento atingiu valores, só alcançados ao 16º dia nos frutos a 10°C sob AA ($\approx 20\%$), provavelmente decorrente da sua alta atividade metabólica em relação aos demais tratamentos. A razão desse incremento pode ser atribuída, à perda completa da turgescência, com conseqüente concentração do suco celular da polpa (Silva et al., 2004).

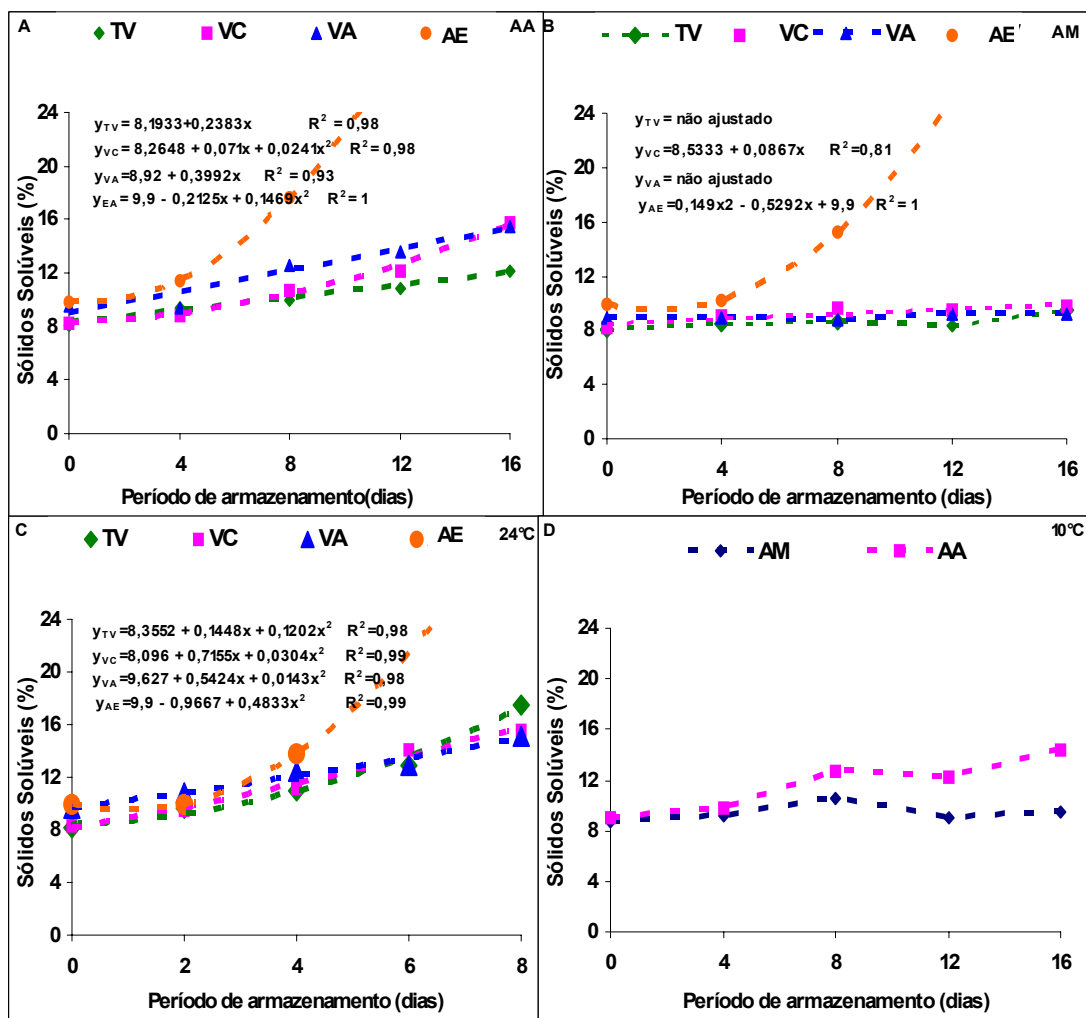


Figura 4 - Sólidos Solúveis (SS) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C) e durante o armazenamento a 10°C , sob atmosferas ambiente (AA) e modificada (AM) (D).

Acidez Titulável (%). A acidez titulável (AT) do acesso umbu-laranja foi influenciado pela interação atmosferas x estádios de maturação durante o armazenamento a 10°C . O teor de acidez aumentou ($P < 0,05$), independente dos estádios ao longo do armazenamento (Figura 5A e B). De acordo com Chitarra & Chitarra (2005), o teor de ácidos orgânicos, em geral, diminui com a maturação dos frutos, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares, sendo que, em alguns casos, como

nesse experimento com umbu-laranja, há um pequeno aumento nos valores com o aumento da maturação. Segundo Senter et al., (1992), o aumento na acidez de produtos armazenados por curtos períodos pode ser, em parte, também explicado pela geração de radicais (ácidos galacturônicos) a partir da hidrólise dos constituintes da parede celular, em especial, as pectinas.

Verificou-se que os frutos mantidos sob atmosfera modificada a 10°C apresentaram menor taxa de elevação na acidez titulável (Figura 5B). A AT dos frutos mantidos refrigerados e sob AA, em geral, aumentou mais acentuadamente durante o armazenamento, como consequência do avanço da maturação dos frutos. Isso pode indicar que a acidez de umbu-laranja é um processo metabólico decorrente do metabolismo específico do fruto que acumulou ácidos durante o armazenamento.

Os valores mais baixos de AT observados nos frutos mantidos sob AM, durante o período de avaliação, podem ser decorrentes da redução da taxa metabólica decorrente da diminuição nos níveis de O₂ e respectivo aumento nos de CO₂, provocados pela AM, o que pode ter resultado na diminuição da taxa de atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo respiratório, sobretudo da produção de ácidos orgânicos (Zagory e Kader, 1988). Com a evolução da concentração de CO₂ e da redução de O₂ no armazenamento sob AM, os sistemas enzimáticos de degradação da glicose no processo respiratório podem ser afetados, provocando alterações no ciclo de Krebs. Dessa forma, devido à redução da taxa respiratória, em decorrência da AM, pode ter ocorrido uma redução da atividade da succínico desidrogenase, enzima diretamente afetada pela redução do nível de O₂ (Salunkhe e Wu, 1974), resultando em menores níveis de AT.

Nos frutos mantidos sob condições ambientes (24°C) observou-se gradativo acréscimo da AT desde o primeiro dia de avaliação e, mais pronunciado, a partir do quarto dia de armazenamento o que pode ser, em parte, devido à ocorrência do início de processo fermentativo (Figura 5C), mas também em decorrência da concentração do suco celular.

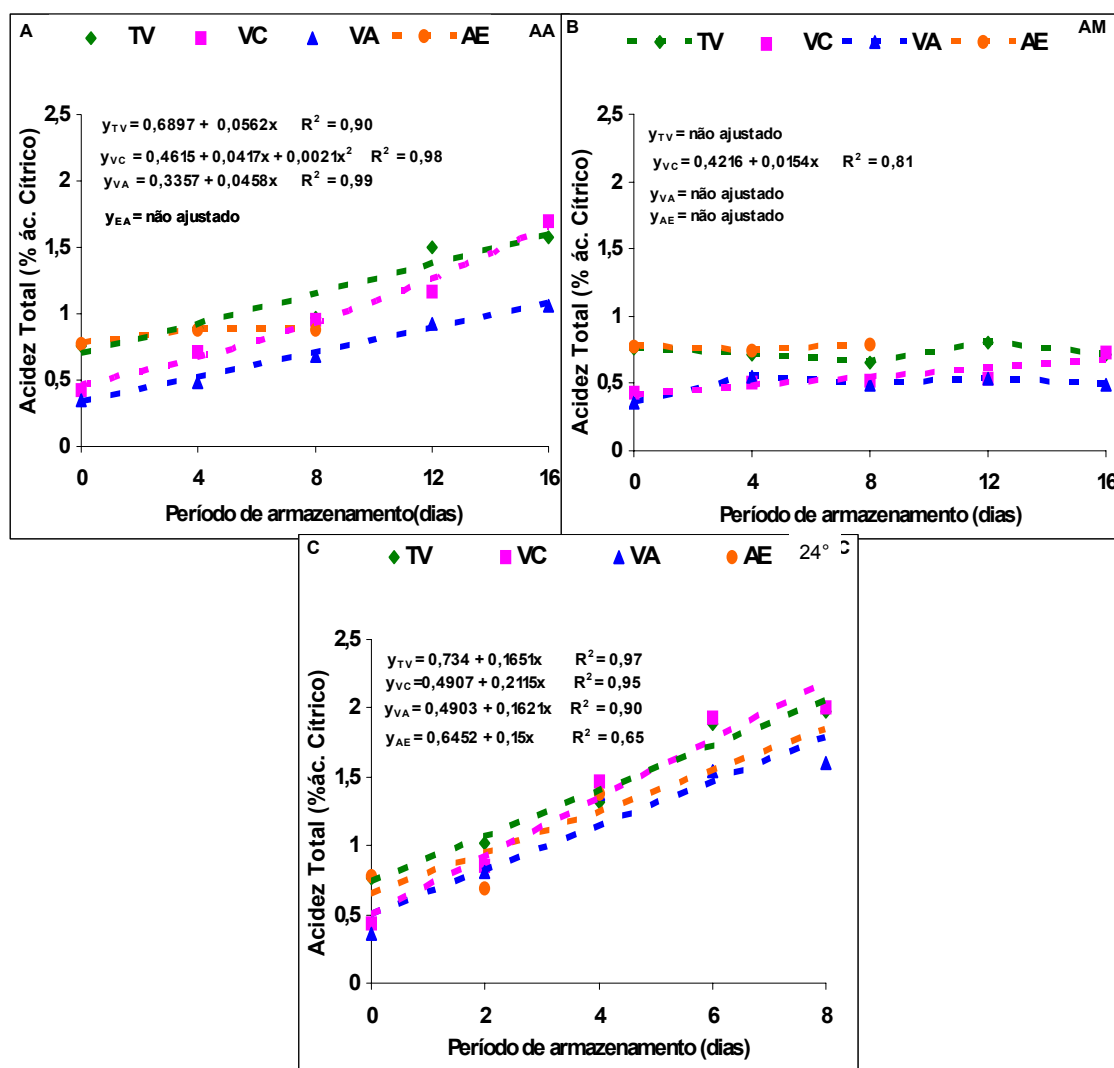


Figura 5 – Acidez Titulável (AT) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C).

Potencial Hidrogeniônico (pH). Para frutos mantidos a 10°C , foi observado interação entre as atmosferas e os estádios de maturação durante o armazenamento (Figuras 6 A e B). Para frutos mantidos sob condições ambientes o pH foi influenciado pelos estádios de maturação durante o armazenamento. Com relação aos valores de pH, houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) para as interações estágio de maturação x atmosfera x períodos de armazenamento. De acordo com a Figura 6, todos os tratamentos apresentaram leve aumento, atingindo ao final do armazenamento o valor mínimo de 2,63

e máximo de 3,33, para os estádios **VC** e **AV**, respectivamente, ambos mantidos a 10° sob AA (Figura 6B). A pequena variação do pH pode ter resultado do efeito tamponante da presença simultânea de ácidos orgânicos e seus sais, o que impediria que o acréscimo da acidez titulável alterasse significativamente os seus valores (LENINGER, 1993).

O pH nos frutos mantidos a 24°C também elevou-se, exceto o estágio **AV** que apresentou uma diminuição ao longo do armazenamento.

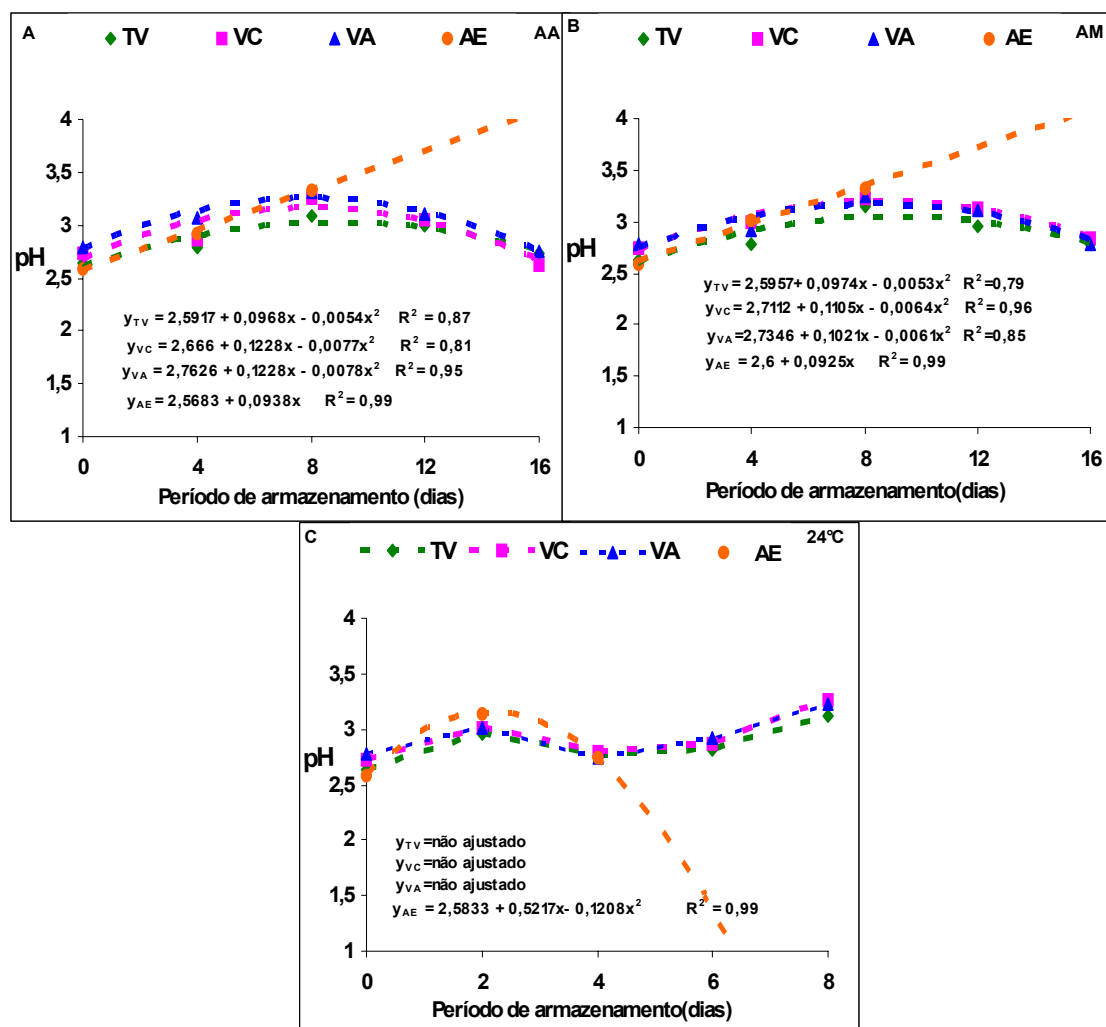


Figura 6 – Potencial Hidrogeniônico (pH) do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração (10°C ± 0,5°C e 90 ± 1% UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes (24°C ± 2 °C e 85 ± 2%UR) (C).

Ácido Ascórbico. Para frutos mantidos a 10°C o conteúdo de ácido ascórbico foi influenciado pela atmosfera x estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 7A e B). Para frutos mantidos, por outro lado, sob condições ambientes, variou entre os estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 7C). Os conteúdos de ácido ascórbico, independente da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação, aumentaram, sobretudo para frutos sob AA a 10°C (Figura 7A). Observou-se que esses frutos apresentaram valores bem mais elevados de ácido ascórbico do que os mantidos sob AM (Figura 7B). Isso ocorreu, provavelmente, em decorrência da concentração do suco celular resultante da maior perda de água nessa temperatura (Kays, 1997). Adicionalmente, a redução da produção de CO₂, pode sinalizar um maior acúmulo de glicose utilizada na respiração do fruto favorecendo a sua utilização para a síntese do ácido ascórbico, como foi verificado em mangas por Evangelista et al. (1997).

Frutos armazenados sob condições ambientes apresentaram menores teores de ácido ascórbico do que os mantidos sob refrigeração. Seymour (1993) atribui o declínio no teor de ácido ascórbico, verificado em goiabas, como um indicador de senescência. Frutos mantidos sob condições ambientes apresentaram perdas consideráveis no teor de ácido ascórbico. O declínio no teor de vitamina C pode ser também decorrente do aumento da atividade da ácido ascórbico oxidase (THOMAS e OKE, 1980).

O aumento no teor de ácido ascórbico durante a maturação, em vários frutos, está associado ao aumento da síntese de intermediários metabólicos da glicose a exemplo da glicose-6-fosfato, os quais são precursores do ácido ascórbico. A degradação de polissacarídeos da parede celular possivelmente resulta em um aumento do ácido galacturônico, que é também um dos precursores da biossíntese do ácido ascórbico (SMIRNOFF et al., 2001).

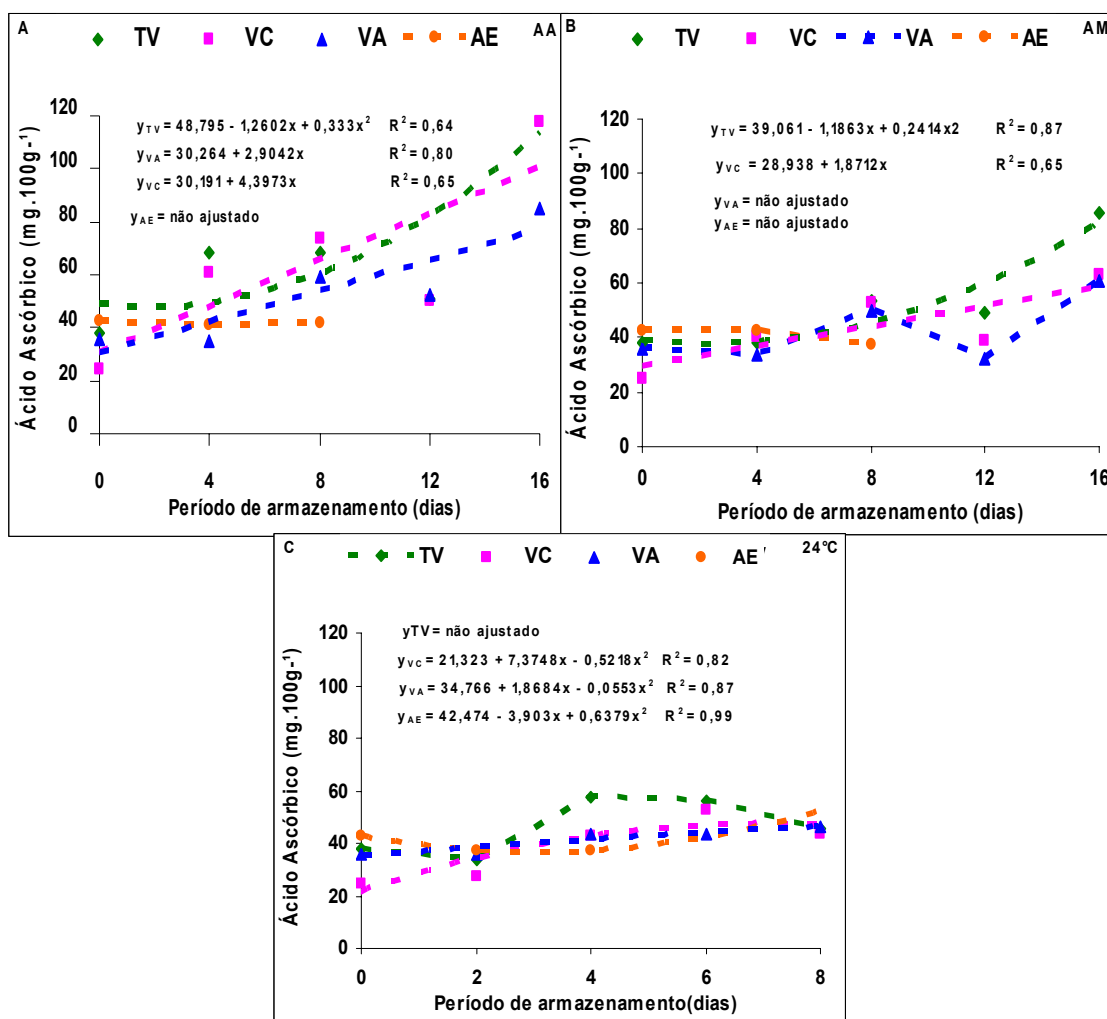


Figura 7 – Teor de Ácido Ascórbico do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA)(A) e modificada (AM)(B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR) (C).

Aparência geral. A aparência foi influenciada pela interação atmosferas x estádios de maturação durante o armazenamento (Figura 8). Frutos armazenados sob AA (Figura 8A), a aparência foi mantida acima do limite de aceitação (escore 4) até o oitavo dia para todos os estádios, com exceção do AE, que manteve uma aparência aceitável apenas até o segundo dia. Frutos mantidos sob AM, essa aparência aceitável foi mantida até o quarto dia para o estágio AE, porém para os demais estádios a aparência foi aceitável (nota mínima 4) até o 14º dia (Figura 8 B). Portanto, ao avaliar o resultado da aparência geral (Figura 8D),

verifica-se que os frutos que obtiveram as maiores notas, aqueles de aparência mais satisfatórios, foram aqueles expostos a 10°C e atmosfera modificada (Figura 9).

Os frutos sob condições ambientes no segundo dia de armazenamento apresentaram notas abaixo do limite de aceitação (nota 4). Estes frutos apresentaram sintomas evidentes de murchamento, seguido da incidência de fungos e senescência. Esse murchamento ocorreu, possivelmente, devido a elevada perda de massa dos frutos, ocasionada pelos eventos simultâneos de elevada temperatura e baixa umidade relativa ($24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%\text{UR}$).

Não foram observadas desenvolvimento de microorganismos, para frutos mantidos refrigerados, durante o armazenamento. De acordo com Handerburg et al. (1986), a temperatura é o fator individual do armazenamento mais importante na manutenção da qualidade, porque as taxas de muitos processos metabólicos são dependentes da temperatura. Segundo Rombaldi et al. (1999), colher frutos em estádios menos avançados de maturação prolonga o período de conservação, porém a qualidade decresce de forma significativa.

Umbu se trata de um fruto que possui atividade metabólica elevada e, conseqüentemente, vida útil pós-colheita curta. O uso de refrigeração foi um fator determinante para o prolongamento da vida útil do umbu. Quando a refrigeração foi associada à AM, obteve-se redução da perda de peso e do enrugamento, mantendo-se a turgidez dos frutos por mais tempo (Figuras 9 e 10).

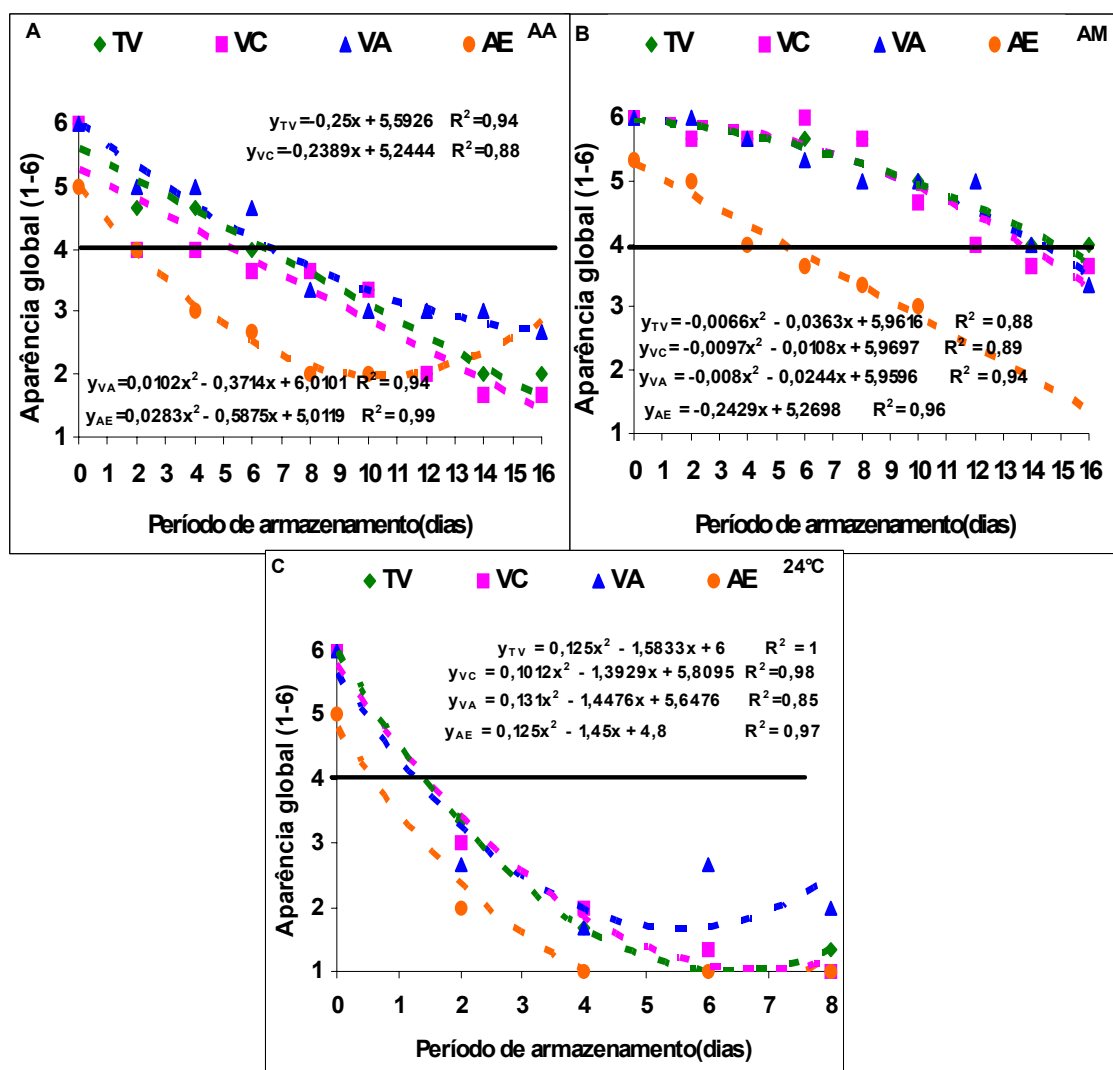


Figura 8 – Aparência global do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) (A) e modificada (AM) (B), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR)(C).

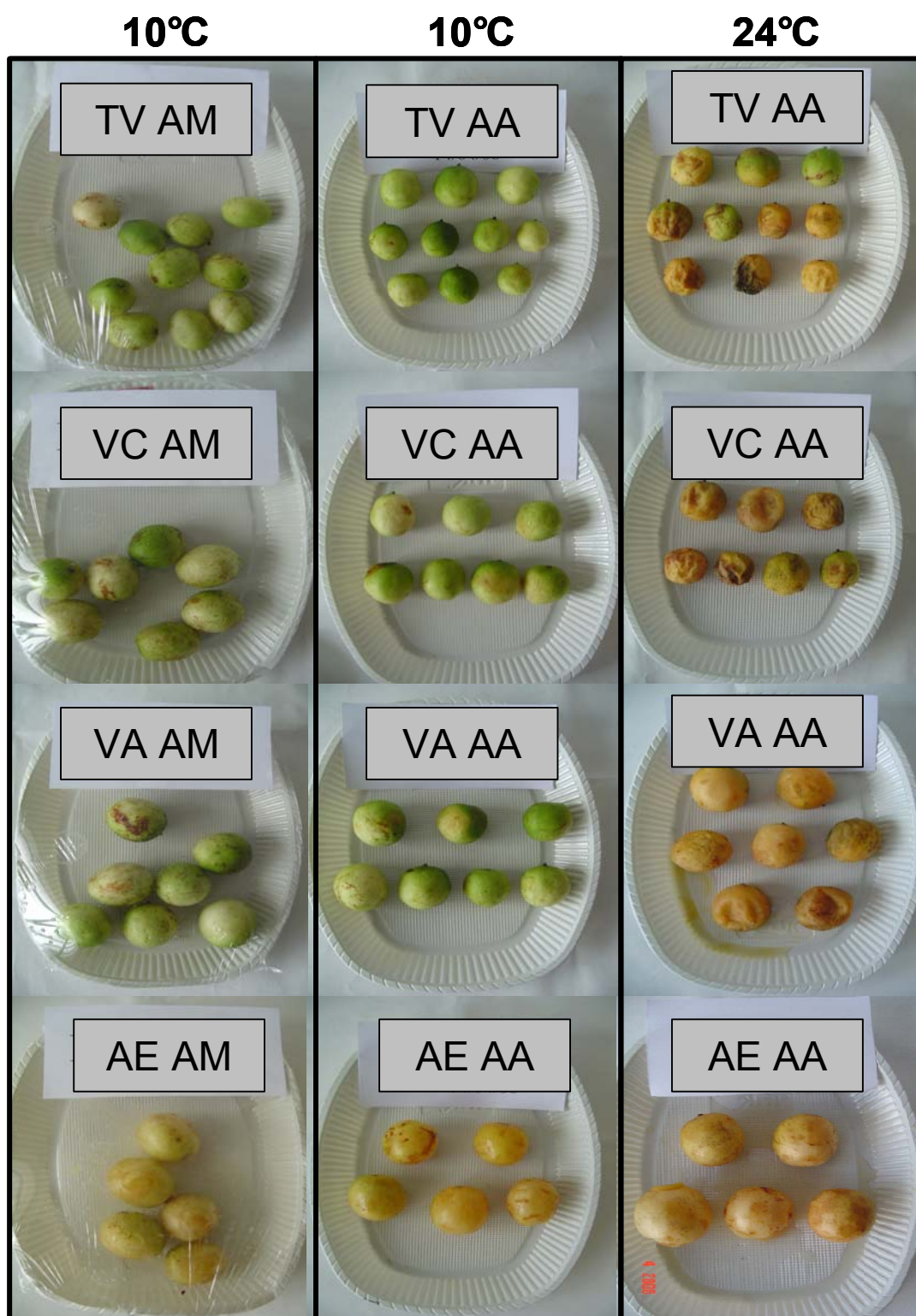


Figura 9 – Frutos do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) e modificada (AM), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR), após oito dias de armazenamento.

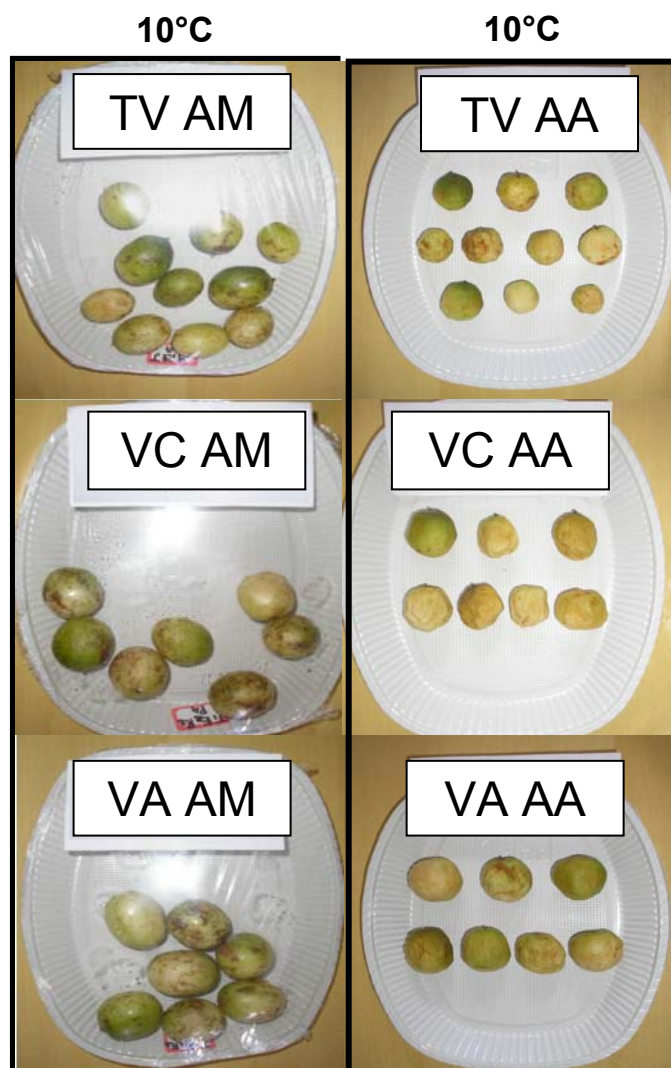


Figura 10 – Frutos do acesso umbu-laranja colhidos nos estádios de maturação totalmente verde (TV), verde claro (VC), verde amarelado (VA) e amarelo esverdeado (AE), mantidos sob refrigeração ($10^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 1\%$ UR) em atmosferas ambiente (AA) e modificada (AM), e sob condições ambientes ($24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR), após 16 dias de armazenamento.

4. CONCLUSÃO

- Os sólidos solúveis e a acidez titulável aumentaram continuamente durante o armazenamento;
- A firmeza foi mantida pela atmosfera modificada a 10°C;
- Frutos mantidos sob AA e condições ambientes apresentaram aparência comprometida no 2º dia de armazenamento, quando colhidos no estágio amarelo esverdeado (AE);
- O emprego de AM proporcionou um ganho de quatro dias de vida útil aos frutos mantidos a 10°C, mantendo a aparência dos frutos de estágios mais prematuros, sobretudo os colhidos no estágio verde claro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, F. P. de; SANTOS, C. A. F.; MOREIRA, J. N.; CAVALCANTI, N. de B. **Avaliação do índice de pegamento de enxertos de espécies de *Spondias* em plantas adultas de umbuzeiro.** Pesquisa em Andamento da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE, v. 100, n. 4, 2000.

ASIF, M.H., NATH, P. Expression of multiple forms of polygalacturonase gene during ripening in banana fruit. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 43, p. 177–184, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, DC., 1984. 1989p.

BEN-YEHOSHUA, S. Transpiration, water stress and gas exchange. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**, New York: Marcel Dekker, 1987. p.113-170.

CARVALHO, H. A. **DE Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiaba Kumagai**. 115p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1999.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2^a ed Lavras: ESAL/FAEPE, p. 785, 2005.

CRISOSTO, C.H., JOHNSON, R.S.; DEJONG, T. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. **HortScience**, California, v.32, n.5, p.820-823, 1997.

EVANGELISTA, R. M. et al. Efeito da aplicação de ceras comerciais na pós-colheita de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.18, n.1, p.105-113, 1996.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.; CHAU, K.V. Modelling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.43, p.9-15, 2000.

HANDERBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of Fruits, vegetables, and florist, and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 130p.

HERPPICH, W.B.; MEMPEL, H.; GEYER, M. Effects of postharvest mechanical and climatic stress on carrot tissue water relations. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, p.43—49, 1999.

HULME, A. C. **The biotechnology of the fruits and their products**. London: Academic Press, p. 305-358. 1970.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 385 p., 1985.

JERÔNIMO, E.M.; KANESIRO, M.A.B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.2, p.237-243, 2000.

KADER, A. A.; ZAGORYD, D.; KERBER, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Cri. Ver. Food Sci. Nutra.**, v.2, n.1, p.1-30, 1989.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 5th ed. Berkeley: University of California, 1992

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Exon Press, Athens, 531 p., 1997.

LENINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo, Ed. Sérvier, 8ª impressão, **1993**, 725

LIMA, F. L. N.; ARAÚJO, J. E. V.; ESPINDÓLA, A. C. M. **Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 29 p. (Série frutas nativas, 6)

MOSCA, J. L.; MUGNOL, M. M.; VIEITES, R. L. **Atmosfera modificada na pós-colheita de frutas e hortaliças**. Botucatu: FEPAF, 1999, 28p.

PANTASTICO, E. R. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruit and vegetables**. Wesport: The AVI Publishing Co, Inc. p. 1-67, 1984.

PÉREZ-GUZMÁN, A. E.; SAUCEDO-VELOZ, C.; ARANA-ERRASQUIN, R. Effect of individual seal packaging in plastic films on the quality of Dancy mandarins stored under refrigeration. **Food Science and Technology International**, Maryland, v.5, n.3, p.215-222, 1999.

REZENDE, J. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; CHITARRA, M.I.F. Uso de atmosfera modificada na conservação pós-colheita do maracujá amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.1, p.159-168, Jan/Fev, 2001

ROBERTSON, G.L. **Food packaging**. New York: Marcel Dekker, 1993. 676p.

RODOV, V. et al. Modified atmosphere packaging (MAP) of ‘Tommy Atkins’ mango In perforated films. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.455, p.654-661, 1997.

ROMBALDI, C.V.; ZIMMER, P.D.; SILVA, J.A; FERRI, V.C.; CHAVES, A.L. Inibição da síntese da ACC oxidase em maçãs armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Ciência e Tecnologia Agroindustrial**, Campinas, v.18, p.27-33, 1999.

ROSA, H.J.D.; SINGH, Z.; TAN, S.C. Effect of modified atmosphere packaging on mango ripening. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.553, p.607-609, 2001.

SALUNKHE, D. K.; Wu, M. T. Developments in technology of storage and handling of fresh fruits and vegetables. **CRE Critical Reviews in Food Technology**, Boca Raton. v.5, n.1, p.15-54, apr. 1974.

SARANTÓUPOLOS, I. G. L.; SOLER, R. M. Embalagens com atmosfera modificada/controlada. In: SARANTÓUPOLOS, I. G. L.; SOLER, R. M. **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos: embalagens flexíveis e semi-rígidas**. Campinas: Ital, 1989. Cap. 5, p. 104-140.

SETER, S.D.; CHAPMAN, G.W.; FORBUS, W.R.; PAYNE, J.A. Sugar and non-volatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, p. 989-991, 1992.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of Fruit Ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454p.

SILVA, M.S.; SANTOS, E.C.; SANTOS, A.F.; SILVEIRA, I.R.S; MENDONÇA, R.M.N.; ALVES, R.E. Influence of 1-Methylcyclopropane on postharvest conservation of different mango cultivars. **Acta Horticultural**, v. 678. p. 667-670. 2004.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P.; LOEWUS, F.A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.52, p.437-467, 2001.

SOUSA, J. P. **Qualidade de mangas Tommy Atkins durante o armazenamento refrigerado e ambiente em associação com atmosfera modificada por diferentes plásticos**. 70p. Dissertação – (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agronomia de Mossoró, Mossoró. 2001.

SOUZA, L. K. H., OLIVEIRA, C. M. A., FERRI, P. H., SANTOS, S. C., JUNIOR, J. G. O., MIRANDA, A. T. B. Antifungal properties of Brazilian cerrado plants. **Brazilian Journal of Microbiology**, 33, 247–249.

THOMAS, P.; OKE, M. S. Technical note: vitamin C content and distribution in mangoes during ripening. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 15, p. 669-672, 1980.

TORRELLARDONA, S.D. **Frigoconservacion de la fruta**. Barcelona: AEDOS, 1983. 369p.

YAMASHITA, F.; MIGLIORANZA, L.H. da S.; MIRANDA, L. de A.; SOUZA, C.M. de A. Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.658-660, 2002.

YAMASHITA, F. **Armazenagem frigorífica de mangas (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) embaladas sob atmosfera modificada**. 1995. 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

ZAGORY, D.; KADER, A. A. Modified Atmosphere Packing of Fresh Produce. **Food Technology**, v.42, n.9, p. 70-77, 1988.

ANEXOS

TABELA 1A – Quadrados médios das análises de variância para as características sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), ácido ascórbico, firmeza, carotenóides, clorofila, açúcares redutores e totais e amido em umbu-laranja armazenados sob condições ambiente, em função dos estádios de maturação e do tempo.

Causa de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios									
		SS	PH	AT	Ácido Ascórbico	Firmeza	Carotenó	Clorofila	Açúcar Redutor	Açúcar Totais	Amido
Estádios(E)	3	1.55 ^{ns}	8.60*	5.70 [*]	3.70 ^{ns}	70.54 [*]	1.76 ^{ns}	3.57*	13.03*	26.98 [*]	3.88*
Tempo(T)	4	35.52*	174.49*	100.20*	13.15*	63.96*	37.25*	24.52*	36.34*	16.44*	1.85 ^{ns}
E * T	10	1.20 ^{ns}	4.87*	2.08 ^{ns}	2.62 ^{ns}	12.79*	1.71 ^{ns}	2.35 ^{ns}	4.86*	3.66*	2.49*
Resíduo		0.81280	0.95670	0.92841	0.71660	0.74829	0.83860	0.78182	0.87393	0.82968	0.5361
CV (%)		128.897	175.909	144.374	159.867	371.283	340.470	456.970	100.217	115.568	75.297
Média Geral		117.666	289.555	123.247	412.941	294.256	801.974	209.728	422.140	563.121	0.8241

* e ^{ns} = F significativo ao nível de 5% e não significativo, respectivamente.

TABELA 2A - Quadrados médios das análises de variância para as características de coloração da casca, aparência, coloração subjetiva e perda de massa em umbu-laranja armazenados sob condições ambiente, em função dos estádios de maturação e do tempo.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		L	a	b	C	H		Aparência	Color. Subj.	Perda de massa
Estádios(E)	3	12.83*	10.10*	21.14*	31.82*	12.37*	3	19.79*	138.77*	14.52 ^{ns}
Tempo(T)	4	4.82*	1.71 ^{ns}	9.84*	11.26*	2.11 ^{ns}	7	367.78*	246.89*	90.77*
E * T	10	0.72 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.41 ^{ns}	4.67*	2.22 ^{ns}	18	4.81*	6.89*	3.77*
Resíduo		0.67665	0.55858	0.71155	0.83241	0.63889		0.1125	0.1125	0.6277
CV (%)		161.208	-87.526	260.297	134.358	507.693		0.760172	3.453.115	1.556.092
Média Geral		250.444	-34.981	276.648	187.185	896.000		0.445395	2.594.203	96.917

* e ns = F significativo ao nível de 5% e não significativo, respectivamente.

TABELA 3A – Análise de variância dos dados de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), ácido ascórbico, carotenóides, clorofila, açúcares redutores e totais e amido em umbu-laranja armazenados a 10°C sob diferentes condições de atmosfera.

Causa de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados médios								
		SS	PH	AT	Ácido Ascórbico	Firmeza	Carotenó	Clorofila	Açúcar Redutor	Açúcar Totais
Atmosfera	1	175.90*	4.88 ^{ns}	236.3*	50.20*	78.07*	9.37 ^{ns}	0.31 ^{ns}	68.58*	103.8*
Estádios	3	76.20*	27.07*	61.65*	10.15*	102.80*	2.24 ^{ns}	4.18 ^{ns}	19.81*	47.70*
Atm * Est	3	5.25 ^{ns}	4.51 ^{ns}	6.83*	2.31 ^{ns}	45.10*	2.57 ^{ns}	0.72 ^{ns}	1.28 ^{ns}	3.76 ^{ns}
Tempo	4	76.50*	342.1*	66.69*	77.44*	58.10*	30.56*	23.12*	104.21*	56.68*
Atm * Tempo	4	27.00*	3.30 ^{ns}	40.28*	8.89*	30.69*	3.21 ^{ns}	0.49 ^{ns}	32.32*	18.85*
Est * Tempo	10	11.56*	7.03*	4.05*	4.65*	12.67*	4.64*	2.49 ^{ns}	4.81*	4.42*
Atm * Est * Tempo	10	1.88 ^{ns}	2.08 ^{ns}	1.14 ^{ns}	1.40 ^{ns}	6.78*	1.91 ^{ns}	0.82 ^{ns}	0.80 ^{ns}	2.61 ^{ns}
Resíduo		0.924210	0.956237	0.925305	0.879270	0.781660	0.767601	0.653277	0.905397	0.889680
CV (%)		7.500	1.984	14.13706	19.54654	40.428	35.49807	61.06149	10.40868	12.937
Média Geral		10.423	2.932	0.772585	52.47287	2.890	6.463109	2.244845	3.257472	4.573

* e ns = F significativo ao nível de 5% e não significativo, respectivamente.

TABELA 4A – Quadrados médios das análises de variância para as características de coloração objetiva da casca, aparência, coloração subjetiva da casca e perda de massa em umbu-laranja armazenados a 10°C sob diferentes condições de atmosfera.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		L	a	b	C	H		Aparência	Color. Subj.	Perda de massa
Atmosfera	1	0.42 ^{ns}	2.35 ^{ns}	1.81 ^{ns}	1.21 ^{ns}	0.00 ^{ns}	1	325.6*	75.43*	192.6*
Estádios	3	13.85*	9.56*	0.63 ^{ns}	0.54 ^{ns}	3.45 ^{ns}	3	78.40*	290.53*	3.20 ^{ns}
Atm * Est	3	4.04 ^{ns}	5.90 ^{ns}	2.57 ^{ns}	3.60 ^{ns}	4.87 ^{ns}	3	3.89 ^{ns}	6.78 ^{ns}	4.01 ^{ns}
Tempo	4	22.64*	6.45*	3.53 ^{ns}	6.79*	1.59 ^{ns}	8	185.76*	105.56*	6.60*
Atm * Tempo	4	0.88 ^{ns}	2.73 ^{ns}	3.82 ^{ns}	0.70 ^{ns}	7.80*	8	12.38*	11.36*	3.9*
Est * Tempo	10	2.48 ^{ns}	1.14 ^{ns}	0.51 ^{ns}	1.07 ^{ns}	0.98 ^{ns}	21	4.52*	2.33 ^{ns}	1.90 ^{ns}
Atm * Est * Tempo	10	0.90 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.19 ^{ns}	21	1.78 ^{ns}	0.99 ^{ns}	1.78 ^{ns}
Resíduo		0.759861	0.538146	0.421047	0.464602	0.476828		0.1303	0.2093	0.4800
CV (%)		19.078	-67.718	22.908	23.313	13.108		8.777	21.000	0.165745
Média Geral		34.502	-3.900	18.087	19.148	103.578		5.074	2.222	99.627

* e **ns** = F significativo ao nível de 5% e não significativo, respectivamente.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)