

MAYCON FAGUNDES TEIXEIRA REIS

**INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA MODIFICADA E REFRIGERAÇÃO SOBRE  
AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, TEXTURAIS E REOLÓGICAS DA  
ATEMÓIA (*Annona squamosa* L.)**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

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

T

R375i  
2013

Reis, Maycon Fagundes Teixeira, 1985-  
Influência da atmosfera modificada e refrigeração sobre as  
propriedades físico-químicas, texturais e reológicas da Atemóia (*Annona  
squamosa* L.) / Maycon Fagundes Teixeira Reis. - Viçosa, MG, 2013.  
ix, 136 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Paulo César Corrêa.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Fruta-de-conde - Armazenamento. 2. Fruta-de-conde -  
Fisiologia pós-colheita. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Agrícola. II. Título.

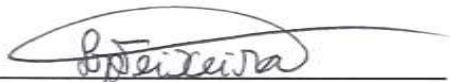
CDD 22. ed. 634.41

MAYCON FAGUNDES TEIXEIRA REIS

**INFLUÊNCIA DA ATMOSFERA MODIFICADA E REFRIGERAÇÃO SOBRE  
AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS, TEXTURAIS E REOLÓGICAS DA  
ATEMÓIA (*Annona squamosa* L.)**

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

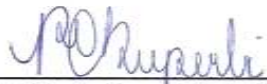
APROVADA: 07 de junho de 2013.



Luciano José Quintão Teixeira



Mateus da Silva Junqueira



Rita de Cássia Superbi de Sousa



Afonso Mota Ramos  
(Coorientador)



Paulo César Corrêa  
(Orientador)

## BIOGRAFIA

MAYCON FAGUNDES TEIXEIRA REIS, filho de José Teixeira Reis e Ismene Fagundes Teixeira Reis, nasceu na cidade de Guanambi, estado da Bahia, em 21 de janeiro de 1985.

Em maio de 2003, iniciou o curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Itapetinga, BA, graduando-se em fevereiro de 2008. No período de agosto de 2006 a julho de 2007, foi bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq/PIBIC para desenvolvimento de projeto de pesquisa na área de propriedades termofísicas de alimentos.

Em março de 2008, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da UESB, em nível de Mestrado, na área de extração de proteínas, submetendo-se à defesa de dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de *Magister Scientiae*, em fevereiro de 2010.

Em março de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Doutorado, na área de pré-processamento, pós-colheita e armazenamento de produtos agrícolas, submetendo-se à defesa de tese, requisito indispensável para a obtenção do título de *Doctor Scientiae*, em junho de 2013.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	5
CAPÍTULO 1 - PROPRIEDADES TEXTURAIS DAS ATEMÓIAS ARMAZENADOS EM ATMOSFERAS MODIFICADAS COM REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE FÉCULA DE MANDIOCA E CERA DE CARNAÚBA, ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO E DE ETILENO .....	7
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
2.1. Matéria-prima.....	10
2.2. Aplicação dos tratamentos pós-colheita.....	11
2.3. Análises.....	12
2.3.1. Perda de massa .....	12
2.3.2. Avaliação da textura.....	12
2.3.3. Modelagem do processo de relaxação.....	15
2.3.4. Análise estatística.....	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
3.1. Perda de massa.....	17
3.2. Adequabilidade do modelo generalizado de Maxwell para descrever a relaxação das atemóias.....	24
3.3. Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 15°C.....	34
3.3.1. Análises não destrutivas.....	34
3.3.2. Análise destrutiva.....	38
3.4. Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 25°C.....	41
3.4.1. Análises não destrutivas.....	41
3.4.2. Análise destrutiva.....	45
4. CONCLUSÕES.....	48
5. REFERÊNCIAS.....	48
CAPÍTULO 2 - EVOLUÇÃO DA COR DA CASCA E POLPA, ACIDEZ TOTAL, PH, SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS DAS ATEMÓIAS ARMAZENADAS EM EMBALAGENS ATIVAS CONTENDO ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO E ETILENO, E REVESTIDOS COM FÉCULA DE MANDIOCA E CERA DE CARNAÚBA EM DUAS TEMPERATURAS .....	54
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	56

2.1. Matéria-prima.....	57
2.2. Aplicação dos tratamentos pós-colheita.....	57
2.3. Análises .....	58
2.3.1. Avaliação da cor.....	58
2.3.2. Determinação do teor de sólidos solúveis totais.....	59
2.3.3. Determinação da acidez total titulável .....	60
2.3.4. Determinação do pH.....	60
2.3.5. Análise estatística .....	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
3.1. Armazenamento a 25°C .....	60
3.1.1. Evolução da cor da casca e da polpa das atemórias.....	60
3.1.2. Diferenças da cor da casca e da polpa das atemórias .....	70
3.1.3. Alterações químicas das atemórias .....	74
3.2. Armazenamento a 15°C .....	78
3.2.1. Evolução da cor da casca e da polpa das atemórias.....	79
3.2.2. Diferenças da cor da casca e da polpa das atemórias .....	90
3.2.3. Alterações químicas das atemórias .....	92
4. CONCLUSÕES .....	97
5. REFERÊNCIAS.....	97
6. ANEXO .....	101
CAPÍTULO 3 - EFEITO DE TRATAMENTOS PÓS-COLHEITAS SOBRE O	
COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DOS FRUTOS DE ATEMÓIAS	
DURANTE O ARMAZENAMENTO EM DUAS TEMPERATURAS.....	
114	
1. INTRODUÇÃO .....	114
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	117
2.1. Matéria-prima.....	117
2.2. Aplicação dos tratamentos pós-colheita.....	117
2.3. Análises .....	119
2.3.1. Avaliação do comportamento reológico.....	119
2.3.2. Análise estatística .....	120
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	120
3.1. Comportamento reológico.....	120
3.1.1. Armazenamento a 25°C.....	121
3.1.2. Armazenamento a 15°C.....	126
4. CONCLUSÕES .....	131
5. REFERÊNCIAS.....	131

CONCLUSÕES GERAIS.....	136
------------------------	-----

## RESUMO

REIS, Maycon Fagundes Teixeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2013. **Influência da atmosfera modificada e refrigeração sobre as propriedades físico-químicas, texturais e reológicas da atemóia (*Annona squamosa* L.).** Orientador: Paulo César Corrêa. Coorientadores: Afonso Mota Ramos e Ana Clarissa dos Santos Pires.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da atmosfera modificada e refrigeração sobre as propriedades físico-químicas, texturais e reológicas da atemóia (*Annona squamosa* L.) durante o armazenamento por 16 dias. Foram utilizadas atemóias do cultivar 'Gefner', provenientes do município de Janaúba, Norte de Minas Gerais. Os frutos foram submetidos a cinco tratamentos, sendo eles: (FM) tratados com aplicação de revestimento comestível de fécula de mandioca; (CC) tratados com aplicação de revestimento comestível de cera de carnaúba; (PVC) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila); (PVC+AO) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio; (PVC+AE) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno. Após aplicação dos tratamentos foram armazenados a 15°C e 25°C. Para as análises de textura, foram utilizados os testes de compressão, relaxação e punção nos frutos a cada dois dias de armazenamento. As análises de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e a avaliação da coloração também foram realizadas com uma periodicidade de dois dias. A perda de massa das atemóias foi realizada diariamente. Para a modelagem do processo de relaxação utilizou-se o modelo generalizado de Maxwell. Para avaliar a textura, foram determinadas as propriedades mecânicas: força para uma deformação específica de 0,005 m, módulo proporcional de deformidade e energia necessária para a deformação do produto através da avaliação da curva força-deformação; força de penetração da periderme das atemóias e energia necessária para este processo. Para análise do comportamento reológico foram determinados os valores de tensão inicial ( $\tau_0$ ), índice de consistência ( $k_H$ ) e índice de comportamento do escoamento ( $n_H$ ) a taxa de deformação  $100 \text{ s}^{-1}$ . De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que: (a) para os frutos de atemóia armazenados a 15°C e com utilização de atmosfera modificada em embalagens ativas contendo absorvedor de etileno apresentaram melhores resultados na conservação dos frutos, baseado nos parâmetros texturais e na perda de massa; (b) o modelo generalizado de Maxwell se ajustou adequadamente aos dados observados para

todas as condições utilizadas; (c) de acordo com a avaliação dos parâmetros colorimétricos da polpa e da casca e dos parâmetros físico químicos, os frutos armazenados a 15°C e tratados com embalagens ativas contendo absorvedores de etilenos obtiveram melhores respostas em retardar o amadurecimento durante o armazenamento; d) O modelo de Herschel-Bulkley representa bem o comportamento reológico da polpa de atemóia em todas as condições estudadas, descrevendo adequadamente as alterações das atemóias ao longo do armazenamento, observou-se também que a polpa de atemóia apresentou comportamento dilatante. O comportamento reológico demonstrou que os frutos tratados com embalagens ativas contendo absorvedor de etileno e armazenados a 15°C obtiveram melhores repostas em retardar o amadurecimento dos mesmos durante o armazenamento.

## ABSTRACT

REIS, Maycon Fagundes Teixeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2013. **Effect of modified atmosphere and cooled on physico-chemical, rheological and textural atemoya (*Annona squamosa* L.).** Adviser: Paulo César Corrêa. Co-advisers: Afonso Mota Ramos and Ana Clarissa dos Santos Pires.

The aim of this study was to evaluate the influence of modified atmosphere and cooling on the physico-chemical, textural and rheological properties of Atemoya (*Annona squamosa* L.) during storage for 16 days. Were used Atemoyas cultivars 'Gefner', from the city of Janaúba, North of Minas Gerais state. The fruits were subjected to five treatments, nominated: (FM) treated with cassava starch edible coating application; (CC) treated with carnauba wax edible coating application; (PVC) packed with PVC film (polyvinyl chloride); (PVC + AO) packed with PVC film + oxygen absorber; (PVC + AE) packed with PVC film + ethylene absorber. After applying the treatments were stored at 15°C and 25°C. For the analysis of texture tests, compression, relaxation and fruit punch were used in every two days of storage. The pH, total titratable acidity, soluble solids and evaluation of staining were also made every two days. The mass loss of atemoyas were performed daily. For the modeling of the relaxation process was used the generalized Maxwell model. To evaluate texture, the mechanical properties were determined: force for a specific deformation of 0.005 m, proportional deformity modulus and energy required for the deformation of the product by evaluating the force-deflection curve; periderm penetration force and the energy required for this process. To analyze the rheological values were determined initial stress ( $\tau_0$ ), consistency index ( $k_H$ ) and flow behavior index ( $n_H$ ) at a strain rate of 100 s<sup>-1</sup>. According to the results, it was concluded that: (a) for atemoya fruits stored at 15°C with use of modified atmosphere packaging on active absorber containing ethylene showed better results in the preservation of fruits, based on textural parameters and mass loss, (b) the generalized Maxwell model fit well to the observed data for all conditions used, (c) in accordance with the colorimetric parameters evaluation of pulp and peel and physico-chemical parameters, the fruits stored at 15°C and treated with active packaging containing ethylenes absorbers obtained the best responses in delaying maturation during the storage, (d) the Herschel-Bulkley model well represents the rheological behavior of atemoya pulp under all conditions studied, adequately describing changes of

atemoya fruits during storage, it was also observed that the atemoya pulp presented a dilatant behavior. The rheological behavior demonstrated that fruits treated with active packaging containing ethylene absorbers and stored at 15°C had better responses in delaying their maturation during storage.

## INTRODUÇÃO GERAL

A oferta cada dia mais diversificada de frutos e preços decrescentes tornou o mercado muito mais competitivo, com um consumo também diversificado e muito sensível às variações de preço e qualidade. Para se manterem neste quadro os produtores demandam cada vez mais de inovações tecnológicas que alterem a sazonalidade, reduzam custos e melhorem a qualidade de seus produtos (PEREZ, 2006). Por outro lado, qualquer que seja a técnica utilizada na pós-colheita não acarretará em melhora na qualidade inicial do produto; sendo que o potencial de conservação de um fruto está diretamente relacionado, não só com o manejo adequado após a colheita, mas também, com as condições climáticas durante a produção e as práticas culturais adotadas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O cultivo de atemóia (*Annona cherimola* × *A. squamosa*) está restrito a alguns países tropicais e subtropicais, uma vez que se adapta melhor a condições intermediárias, àquelas nas quais as espécies que lhe originaram se desenvolvem, ou seja, entre o clima subtropical, característico da cherimoia, e o tropical, onde a pinha é produzida. A produção nacional é absorvida essencialmente pelo mercado interno, alcançando excelente preço devido à alta qualidade do fruto e pouca oferta. Um dos fatores que dificulta a expansão da área cultivada é a rápida perecibilidade do fruto que vincula o sucesso da comercialização à correta definição do ponto de colheita. Para o mercado local, o fruto deve ser colhido com a coloração levemente amarela e textura ainda firme. Caso o mercado consumidor esteja distante, os frutos precisam ser colhidos com a casca mais verde, mas com a maturidade fisiológica atingida (NOGUEIRA et al., 2005). O rápido escurecimento e amaciamento são os principais problemas que afetam a comercialização da atemóia (YAMASHITA et al., 2002), requerendo a introdução de técnicas de conservação que atrasem esses eventos e garantam maior período para distribuição.

Modificações na microatmosfera de armazenagem podem ser obtidas 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 o espaço livre da embalagem com uma mistura gasosa predeterminada, ou ainda por meio de um material contido em sachês ou incorporado diretamente à embalagem, capaz de promover alterações na composição gasosa, sendo que, em ambos os casos, uma vez que a

atmosfera modificada se estabelece, ela é mantida por um equilíbrio dinâmico entre respiração e permeação (AZEREDO, 2000). A utilização de sachês para a modificação da atmosfera tem se mostrado uma opção de baixo custo e fácil aplicação na conservação pós-colheita de frutos climatéricos (CORRÊA, 1992).

O uso de embalagens que proporcionam modificação da atmosfera é bastante utilizado para prolongar a vida útil das frutas e hortaliças (REZENDE et al., 2001; SOUSA et al., 2002; LEMOS et al., 2007; FAKHOURI et al., 2007), sendo muito versátil, de aplicação relativamente simples e de baixo custo. Esta técnica tem propiciado resultados satisfatórios na conservação dos frutos, quando associada ao uso de refrigeração, minimizando as perdas qualitativas e quantitativas na cadeia de comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Outra forma de modificar a atmosfera, durante o armazenamento dos frutos, consiste no uso de coberturas e revestimentos comestíveis como o alginato, colágeno, fécula e ceras. Assis e Leoni (2003) explicam que a atmosfera modificada criada por esses tipos de revestimentos gera um aprisionamento físico do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) dentro do fruto. E se a permeabilidade ao oxigênio ( $\text{O}_2$ ) para o seu interior for reduzida, ocorrerá um prolongamento no período necessário para a maturação.

Segundo Luvielmo (2012), os compostos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis são as proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofibrilares), os polissacarídeos (amido e seus derivados, pectina, celulose e seus derivados, alginato e carragena), os lipídios (monoglicérides acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) ou a combinação destes compostos, o que permite utilizar vantajosamente as distintas características funcionais de cada classe.

Estratégias utilizadas para modificar a atmosfera do fruto retardam a respiração, a perda de clorofila, a perda de umidade, o escurecimento enzimático e o amadurecimento, além de exercer efeito sobre a síntese de etileno, uma vez que sua síntese e ação requerem oxigênio (SARANTOPÓULOS, 1999; KLUGE et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2007). A utilização de absorvedores tem se mostrado eficiente na eliminação de etileno, em armazenamento de frutos, como absorvedores de etileno a base de permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), sachês absorvedores de  $\text{O}_2$  ou sachês contendo substâncias facilmente oxidáveis.

A utilização de absorvedores de etileno à base de permanganato de potássio ocorre na forma de sachês impregnados com materiais como vermiculita e perlita. O

permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) é um absorvedor de etileno que impede a ação do regulador de crescimento, tendo ampla utilização no armazenamento de frutos e hortaliças. Em contato com o permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), o etileno leva a formação de acetaldeído ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), que é oxidado a ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) e, posteriormente, convertido em água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ). O permanganato de potássio, após a reação com etileno, passa da cor violeta ao marrom, indicando que os sachês devem ser trocados. O  $\text{KMnO}_4$  é o primeiro adsorvedor químico de etileno adaptado para pequeno volume de armazenamento. Entretanto, é consumido rapidamente, precisando ser renovado durante o período de conservação. Geralmente, esse tratamento é associado à atmosfera modificada (AM), muitas das vezes em embalagens de polietileno, visando a retardar o amadurecimento dos frutos (OLIVEIRA et al., 2006).

O uso de filmes com incorporação de absorvedores de  $\text{O}_2$  ou sachês contendo substâncias facilmente oxidáveis possibilita reduzir a concentração de  $\text{O}_2$  abaixo dos níveis críticos para descoloração de carnes (GILL; MCGINNIS, 1995; LABUZA; BRENNE, 1986). Segundo Venturini (2003), a maioria dos absorvedores de oxigênio disponíveis comercialmente é baseada no princípio da oxidação de ferro sendo encontrados na forma de pequenos sachês, contendo agentes redutores como óxido de ferro, componentes ferrosos ou platina, combinados com vários catalisadores que dão início à reação.

Embora a textura de alimentos seja uma propriedade sensorial (portanto subjetiva), a mensuração pode ser realizada através de métodos objetivos acerca das propriedades reológicas dos produtos (KRAMER; SZCZESNIAK, 1973). A avaliação física da textura de frutos inteiros não é de fácil mensuração, visto que os frutos são produtos de formas irregulares, que variam fortemente entre indivíduos, com características morfológicas heterogêneas e com o desenvolvimento do amadurecimento de forma irregular.

A cor é normalmente utilizada como indicador da vida de prateleira dos frutos. O estágio de amadurecimento dos frutos pode ser correlacionado com a cor, analisada objetivamente por diferentes sistemas, sendo que o sistema CIE 1976, que utiliza as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , é o mais difundido no meio científico. O grau de coloração pode também ser avaliado visualmente, porém, este método gera controvérsias devido à sua subjetividade e dependência direta de critérios do avaliador, bem como de diferentes normas de classificação entre estados e países.

A atemóia, por ser um fruto climatérico, sofre numerosas transformações físico-químicas, bioquímicas e microbiológicas durante o seu armazenamento, induzindo e acelerando o processo de amadurecimento e reduzindo sua vida pós-colheita. Estas mudanças são acompanhadas por flutuações no seu preço de mercado, devido à perda de massa, degradação e alterações no sabor e aroma dos frutos. Por outro lado, há uma crescente preocupação por parte dos consumidores e produtores com relação à disponibilidade de produtos agrícolas por um maior período de tempo com mínimas alterações nos seus atributos de qualidade. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho verificar o efeito de revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba e de embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno, além da refrigeração, sobre o amadurecimento e as propriedades texturais e físico-químicas das atemóias, possibilitando uma melhor compreensão dos efeitos de tratamentos pós-colheita sobre a qualidade dos mesmos, permitindo assim uma melhor conservação deste produto.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, O.B.G.; LEONI, A.M. Filmes comestíveis de quitosana: ação biofungicida sob frutas fatiadas. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 6, n. 30, p. 33-38, 2003.

AZEREDO, H.M.C.; FARIA, J.A.F.; AZEREDO, A.M.C. Active packaging for foods. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 337-341, 2000.

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

CORRÊA, P.C. **Estudio de los índices de maduridez y calidad del aguacate tratado por frío mediante ensayos destructivos**. 1992. 213 p. Tesis (Doctoral) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Espanha.

FAKHOURI, F.M.; FONTES, L.C.B.; GONÇALVES, P.V.M.; MILANEZ, C.R.; STEEL, C.J.; COLLARES-QUEIROZ, F.P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, n. 27, p. 369-375, 2007.

GILL, C.O.; MCGINNIS, J.C.; TONG, A.K.W. Consumer acceptance of display packs of beef store under N<sub>2</sub> or CO<sub>2</sub> in master packs. **Meat Science**, v. 38, p. 397-406, 1994.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, A.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2.ed. Campinas: Emopi, 2002. 214 p.

KRAMER, A.; SZCZESNIAK, A.S. **Texture measurements of foods**. Dordrecht, 1973. 175 p.

LABUZA, T.P.; BRENNE, W.M. Applications of “active packing” for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 13, p. 1-69, 1989.

LEMOS, O.L.; REBOLÇAS, T.N.H.; SÃO JOSÉ, A.R.; VILA, M.T.R.; SILVA, K.S. Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão ‘Magali-R’ em duas condições de armazenamento. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 693-699, 2007.

NOGUEIRA, E.A.; MELO, N.T.C.; MAIA, M.L. Produção e comercialização de anonáceas em São Paulo e Brasil. **Informações Econômicas**, v. 35, n. 2, p. 51-54, 2005.

PEREZ, L.H. Frutas de caroço: produção e importação em 1996-2005. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 11, 2006.

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

SARANTOPOULOS, C.I.G.L. Embalagens para vegetais minimamente processados-Fresh cut. In: SEMINÁRIO SOBRE HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS, 1999, Piracicaba, SP. **Apostila...** Piracicaba, 1999.

SOUSA, J.P.; PRAÇA, E.F.; ALVES, R.E.; BEZERRA NETO, F.; 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.

TEIXEIRA, G.H.A.; DURIGAN, J.F.; ALVES, R.E.; O'HARE, T.J. Use of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut carambola (*Averrhoa carambola* L. cv. Fwang Tung). **Postharv. Biol. Technol.**, 2007.

YAMASHITA, F. et al. Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 658-660, 2002.

## CAPÍTULO 1

### PROPRIEDADES TEXTURAIIS DAS ATEMÓIAS ARMAZENADOS EM ATMOSFERAS MODIFICADAS COM REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE FÉCULA DE MANDIOCA E CERA DE CARNAÚBA, ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO E DE ETILENO

#### 1. INTRODUÇÃO

A atemóia (*Annona squamosa* L.) é um híbrido interespecífico, resultante do cruzamento entre a cherimóia (*Annona cherimola* Mill.) e a fruta do conde (*Annona squamosa* L.). O híbrido reúne características interessantes da cherimóia e da fruta do conde, que produzem frutos extremamente saborosos (FERREIRA et al., 2006). Por ser um híbrido, suas características são muito variáveis entre as cultivares. Os frutos das Annonáceas são pseudocarpos formados pela fusão dos carpelos e receptáculos dentro de uma massa carnosa. A forma do fruto é variável, indo de esférico a ovóide e a superfície do fruto é coberta com auréolas em forma de U, que podem ser suaves ou pontudas. A polpa é branca e facilmente separada das sementes (BUENO et al., 1997).

A análise da textura de alimentos baseia-se em um conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e nas características superficiais de um produto, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e, em certos casos, por receptores visuais e auditivos. É caracterizada por diferentes aspectos, como por exemplo, a firmeza, a fibrosidade, a resistência, a elasticidade e outros (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo que suas propriedades se alteram durante o processo de amadurecimento (CHEN; RAMASWAMY, 2002). Assim, a textura é, na realidade, um conjunto de propriedades. No entanto, pode-se afirmar que o estímulo na percepção da textura é principalmente mecânico e, conseqüentemente, quase todos os métodos instrumentais de avaliação de textura são ensaios mecânicos (FISZMAN, 1998).

A textura é afetada pela perda de massa dos frutos, bem como a composição química da periderme e da polpa dos frutos (OLIVEIRA et al., 2010). A perda de massa é um processo que ocorre, principalmente, pela perda de água promovida pelo processo de transpiração em consequência do déficit de pressão de vapor da superfície do fruto (HERTOG et al., 2004), variando com o período e as condições de armazenamento. Ela leva ao amolecimento dos tecidos, tornando os frutos mais suscetíveis às deteriorações e a alterações na cor e sabor.

Os métodos de medida de textura em alimentos sólidos se dividem em três grupos: os fundamentais, os empíricos e os imitativos (BORWINKAR, 1992; WILKINSON et al., 2000). Os métodos empíricos relacionam variáveis com atributos mecânicos, enquanto os imitativos buscam reproduzir condições de consumo (BOURNE, 2002). Os métodos fundamentais baseiam-se nas propriedades reológicas, ou seja, no estudo da mecânica de deformação e das leis da física, e se caracterizam pelas pequenas deformações utilizadas (1 a 3%), amostras perfeitamente mensuráveis, uniformidade e isotropia (ERRINGTON et al., 1997; BOURNE, 2002). São três os parâmetros utilizados para o uso dos métodos fundamentais: força, deformação e tempo. Apesar de estes métodos serem baseados em leis conhecidas e propriedades bem definidas, sua utilização é restrita devido à falta de condições ideais dos testes, influenciadas por forças de fricção (superfícies lubrificadas ou não), velocidade de deformação, dimensões da amostra, dentre outras.

A relação da textura dos frutos com o estágio de amadurecimento pode ser obtida por meio de testes físicos e imitativos, que envolvem a ruptura do produto analisado (VOISEY, 1971). Entretanto, estes testes têm o inconveniente de serem destrutivos, impossibilitando a análise da textura do mesmo produto ao longo do tempo. Punção e cisalhamento são os principais testes destrutivos para a avaliação da textura em alimentos (ABBOTT, 1999; BOURNE, 2002). Por outro lado, desenvolveram-se testes alternativos não-destrutivos, em que pequenas deformações (menor que 10% do tamanho da amostra) são empregadas para a análise da textura de produtos. A compressão e a relaxação são os principais testes não-destrutivos. Ambas as análises destrutivas e não-destrutivas possibilitam a aquisição de dados relativos à consistência e resistência dos tecidos vegetais mediante a aplicação de uma força qualquer, relacionando-a com uma deformação específica ou com o tempo total de teste.

Segundo Schouten et al. (2007), o comportamento da firmeza com o tempo é de natureza bioquímica (processos relativos à decomposição da parede celular) e de natureza física (perda de turgescência dependente da temperatura). Com o decorrer do amadurecimento, estas substâncias vão sendo solubilizadas, transformando a pectina insolúvel (protopectina) em pectina solúvel, resultando no amaciamento da polpa (CHEFTEL; CHEFTEL, 1976; BRAVERMAN, 1980). Essa perda de firmeza ocorre devido à diminuição das forças coesivas que mantêm as células unidas, decorrente da decomposição da protopectina por meio de atividade enzimática. Desse modo, o estudo do comportamento da textura ao longo do tempo pode fornecer informações que

servirão de parâmetro de escolha da cultivar e época de colheita, além de indicar o tempo de vida pós-colheita dos produtos.

A relaxação é um importante teste para a avaliação da textura de alimentos, usualmente utilizado para o estudo do comportamento viscoelástico de materiais biológicos (CESPI et al., 2007), sendo a modelagem um instrumento matemático fundamental para análise deste comportamento (DEL NOBILE et al., 2007; FUSTIER et al., 2009). Diversos modelos têm sido propostos na literatura especializada para descrição das curvas de relaxação e de seus parâmetros.

De acordo com Resende e Corrêa (2007), a modelagem matemática é fundamental na predição e simulação do comportamento dos materiais submetidos a determinado processo. Modelos específicos podem descrever satisfatoriamente a variação dos parâmetros reológicos durante o amadurecimento dos frutos, fornecendo não somente índices práticos de textura, como também características subjacentes aos processos de amadurecimento.

Para assegurar sua qualidade até o consumo, diversas técnicas têm sido utilizadas de forma combinada, como a antecipação da época de colheita, utilização de atmosferas modificadas e controladas e conservação em baixas temperaturas, portanto, é necessário o conhecimento do comportamento e das alterações físicas e químicas do produto durante o armazenamento, para que sejam utilizadas práticas adequadas de manejo pós-colheita a fim de aumentar o tempo de conservação e reduzir as perdas qualitativas e quantitativas.

As principais causas de perdas qualitativas e quantitativas são: demora na comercialização, baixa qualidade inicial do produto, injúrias mecânicas (amassamentos, cortes), doenças, transporte inadequado, falta de orientação do mercado quanto à logística de vendas, e danos nos frutos causados pelo manuseio dos consumidores. Estes danos acabam por afetar o valor comercial da atemóia, diminuindo sua aceitabilidade pelos consumidores e, por conseguinte, os lucros dos produtores.

A alta perecibilidade dos frutos, devido à continuidade dos processos metabólicos na fase pós-colheita, juntamente com procedimentos inadequados aplicados à colheita, assim como ao transporte e armazenamento são os principais fatores responsáveis pelo comprometimento da qualidade desses produtos. Atualmente, existem diversas técnicas usadas para prolongar a vida pós-colheita dos frutos, dentre as quais se destacam: o armazenamento refrigerado, o uso de atmosfera modificada e/ou controlada, tratamentos térmicos, dentre outros (CARVALHO et al., 2001; FALLIK,

2004; LIMA, 2000; MELO et al., 2002). Nesse sentido, o desenvolvimento e adoção de técnicas na pós-colheita tem sido de fundamental importância para adequar os diferentes frutos às exigências do mercado interno e externo, e explorar brechas nesses, no momento em que se reduz a oferta em relação aos países concorrentes (PEROSA et al., 2002); assim como facilitar a logística do envio de frutos a localidades mais distantes no próprio país e abastecer regularmente o mercado interno durante os períodos de entressafra.

Alternativas para a diminuição de perdas deste fruto estariam concentradas na redução da temperatura, na aplicação de ceras e outras coberturas, além de embalagens constituídas de diferentes tipos de filmes (MOSCA, 2002; YAMASHITA et al., 2002).

Nesse aspecto, e no sentido de trazer uma contribuição a um melhor entendimento dos processos pós-colheita de atemóia, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o efeito do uso de revestimentos comestíveis e atmosferas modificadas sobre as propriedades texturais da atemóia durante o armazenamento sob diferentes temperaturas.

Os objetivos específicos propostos foram avaliar os efeitos dos tratamentos sobre a perda de massa, a modelagem do processo de relaxação e o amaciamento da polpa (teste de compressão e punção).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG.

### **2.1. Matéria-prima**

Foram utilizados frutos da atemoieira (*Annona squamosa* L.), provenientes do Município de Janaúba, norte de Minas Gerais, colhidos manualmente no estágio de maturação verde maduro. Os frutos foram posteriormente selecionados, retirando-se aqueles com danificações ou injúrias visíveis, a fim de se obter amostras homogêneas e de melhor qualidade.

## 2.2. Aplicação dos tratamentos pós-colheita

Após a seleção os frutos foram divididos em seis lotes:

- (FM) tratados com aplicação de revestimento comestível de fécula de mandioca;
- (CC) tratados com aplicação de revestimento comestível de cera de carnaúba;
- (PVC) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila);
- (PVC+AO) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio;
- (PVC+AE) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno;
- (TE) sem tratamento, lote testemunha.

Para aplicação do revestimento comestível de fécula de mandioca foi preparada uma solução de 4% (m/m) deste produto e 1% (m/m) de glicerol, por meio de aquecimento com agitação das suspensões até 70°C, de modo a ocorrer a gelatinização da fécula. Em seguida, a suspensão permaneceu em repouso até o resfriamento à temperatura ambiente (23°C). Os frutos foram imersos nas suspensões por 1 minuto e colocados para secar naturalmente em bandejas teladas por aproximadamente 3 horas à temperatura ambiente.

Na aplicação do revestimento comestível de cera de carnaúba foi utilizada base de cera de carnaúba (*Fruit wax*) 18%, diluída na proporção 1:2 (v/v). Utilizou-se um borrifador doméstico para aplicação da solução, sendo a amostra revirada manualmente para assegurar uma cobertura uniforme dos frutos.

Após os frutos serem tratados com fécula de mandioca e cera de carnaúba, os mesmos, assim como os frutos utilizados como testemunha, foram acondicionados em bandejas de poliestireno com dimensão 24x18 cm, dando um total de 24 bandejas com três frutos em cada.

Para os frutos embalados com filmes de PVC foram utilizados bandejas de isopor com três frutos em cada bandeja, revestidas com filmes de PVC da marca Filmito que possui espessura de 10 µm. Nos tratamentos que se utilizou absorvedores de oxigênio, os sachês contendo absorvedores de oxigênio adquiridos da empresa Soft Post do Brasil Ltda., com concentração de 600cc, foram colocados nas bandejas de isopor revestidas por filmes de PVC, num total de 24 bandejas.

Os sachês contendo absorvedor de etileno foram feitos no laboratório, utilizando-se o permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>) como reagente. Foram preparados 24 sachês com 8 g de permanganato de potássio e 5 g de vermiculita. Após ser pesado, o KMnO<sub>4</sub> foi dissolvido em água destilada, sendo esta solução misturada com a

vermiculita e levada para estufa a 80°C para a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi dividida em porções de 13 gramas para cada saquinho de TNT utilizados na confecção dos sachês. Em seguida, os sachês foram armazenados em vidros hermeticamente fechados onde permaneceram até o momento da instalação do experimento.

Posteriormente, os frutos foram armazenados em duas temperaturas:  $15 \pm 1^\circ\text{C}$  (temperatura recomendada para o armazenamento de Atemóias) e à temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  (simulando condições ambientais de venda), por 16 dias, em câmaras tipo BOD. A umidade relativa no interior das câmaras foi mantida em  $85 \pm 5\%$ . As análises dos frutos foram realizadas de dois em dois dias após o acondicionamento dos frutos por duas horas sob temperatura ambiente, para se evitar os efeitos da temperatura de armazenagem na medição dos parâmetros.

### **2.3. Análises**

#### **2.3.1. Perda de massa**

A porcentagem de perda de massa dos frutos de Atemóia foi determinada por meio da diferença de massa no tempo analisado em relação ao tempo zero (Equação 1.1). As amostras de cada tratamento foram pesadas.

$$P = \frac{M_{(t=0)} - M_{(t=t)}}{M_{(t=0)}} \times 100 \quad (1.1)$$

em que:

P: perda de massa, (%);

$M_{(t=0)}$ : massa do fruto no tempo zero, (grama);

$M_{(t=t)}$ : massa do fruto no tempo t, (grama);

#### **2.3.2. Avaliação da textura**

A textura dos frutos, considerando três bandejas por amostra, foi avaliada por meio de ensaios de compressão, relaxação e punção, realizados em um Aparelho Universal de Testes, TA.HD Texture Analyser, Stable Micro Systems, também

conhecido como texturômetro, dotado do software Texture Expert for Windows® com uma célula de carga de 500 N (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Aparelho Universal de Testes, TA.HD Texture Analyser, Stable Micro Systems utilizado para análise de textura.

Os testes nos frutos de atemóia foram realizados ao longo do armazenamento, em intervalos de dois dias. Para o teste de compressão foi utilizado um probe de prato plano circular com 100 mm de diâmetro e a uma velocidade de teste de  $0,02 \text{ m min}^{-1}$  (VAN DIJK et al., 2006; BATU, 2004) e deformação específica de 0,005 m determinada em testes preliminares. Com a obtenção das curvas de compressão do produto (força em função da deformação), foram estimados os valores da força máxima sustentada pelo fruto (firmeza) e sua respectiva deformação.

O módulo proporcional de deformidade, que permite que comparações de resistência relativas entre diferentes materiais sejam feitas, foi calculado utilizando-se a expressão da ASAE (1994), alterada por Couto et al. (2002):

$$E_p = \frac{E}{1 - \mu^2} = \frac{0,531F}{D^{3/2}} \left[ 2 \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{R} \right)^{1/3} \right]^{3/2} \quad (1.2)$$

em que:

$E_p$ : módulo proporcional de deformidade, Pa;

$E$ : módulo de deformidade, Pa;

$F$ : força, N;

$\mu$ : razão de Poisson;

$r$ : raio de curvatura no ponto de contato, m;

$R$ : raio equivalente do produto, m; e

$D$ : deformação total (elástica e plástica) do corpo nos pontos de contato com a placa superior e inferior, m.

O raio equivalente ( $R$ ) e o de curvatura ( $r$ ) dos frutos foram obtidos segundo as equações 1.3 e 1.4 (SILVA et al., 2002), considerando as atemóias como sendo elipsóides biaxiais. A medição dos eixos médios ortogonais dos frutos foi realizada com auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

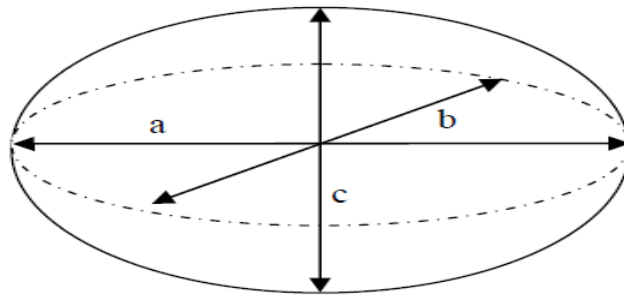


Figura 1.2 - Esquema do fruto da atemóia considerando como elipsóide biaxial com suas respectivas dimensões características: a: comprimento; b: largura.

$$R \cong \frac{\sqrt[3]{ab^2}}{2} \quad (1.3)$$

$$r \cong \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

em que:

$a$ : maior dimensão característica do fruto, m; e,

$b$ : menor dimensão característica do fruto, m.

Para o teste de relaxação, o mesmo probe de prato plano circular com 100 mm de diâmetro foi utilizado, com uma força constante de teste de 4 N e velocidade de 0,02 m min<sup>-1</sup> (ERRINGTON et al., 1997), com duração da força por 20 s. Os testes de relaxação irão fornecer os tempos de relaxação, bem como a força máxima exercida pelo fruto após os 20 s de teste.

Para o teste de punção, um probe cilíndrico de 4 mm de diâmetro a uma velocidade de 0,1 m.min<sup>-1</sup> foi utilizado (DESMET et al., 2004). Os testes de punção forneceram as forças de rompimento da periderme das atemóias e a deformação requerida para este rompimento.

### 2.3.3. Modelagem do processo de relaxação

Para a modelagem das curvas de relaxação da atemóia, empregou-se o modelo generalizado de Maxwell de quatro parâmetros contendo três elementos de Maxwell (STEFFE, 1996), descrito pela Equação 1.5.

$$\sigma_{(t)} = \sigma_e + A_1 \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + A_2 \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right) + A_3 \exp\left(\frac{-t}{\tau_3}\right) \quad (1.5)$$

em que:

- $\sigma_{(t)}$ : força normalizada (razão entre a força no tempo  $t$  e a força máxima) no tempo  $t$ , adimensional;
- $\sigma_e$ : força normalizada no equilíbrio ( $t = \infty$ ), adimensional;
- $A_1, A_2, A_3$ : constantes do modelo, adimensionais;
- $t$ : tempo, s; e
- $\tau_1, \tau_2, \tau_3$ : tempo de relaxação, s.

### 2.3.4. Análise estatística

Para a avaliação do comportamento da perda de massa, o experimento foi realizado, para cada temperatura, em um esquema fatorial 6x16 (seis tratamentos e 16 tempos), no delineamento inteiramente casualizado, em nove repetições para a análise. Para a análise de textura foi utilizado um esquema fatorial de 6x9 (seis tratamentos e nove tempos), em cada temperatura, em um delineamento inteiramente casualizado, em

nove repetições para as análises. Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância e regressão.

Entre a testemunha e o tratamento, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando o nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SAEG®. Para a comparação do tempo de armazenamento, as médias foram submetidas à análise de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), na significância dos parâmetros e nos fenômenos em estudo.

Para verificar o grau de ajuste do modelo generalizado de Maxwell, foi considerada a magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro médio relativo (P) (Equação 1.6), do desvio padrão da estimativa (SE) (Equação 1.7) e da distribuição dos resíduos.

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (1.6)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (1.7)$$

em que:

*P*: Erro médio relativo, %;

*Y*: Valor observado experimentalmente;

$\hat{Y}$ : Valor estimado pelo modelo;

*n*: Número de dados observados;

*SE*: Desvio padrão da estimativa, adimensional; e

*GLR*: Graus de liberdade do resíduo (número de dados observados menos o número de parâmetros do modelo).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Perda de massa

Os tratamentos afetaram significativamente a perda de massa dos frutos de atemóia ao longo do armazenamento, diferindo estatisticamente dos frutos testemunha, armazenados nas temperaturas de 15°C (Tabela 1.1) e 25°C (Tabela 1.2).

Tabela 1.1 - Valores médios de perda de massa (%) das atemóias ao longo do armazenamento, na temperatura de 15°C

Tempo (dias)	15°C					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
1	0,79a	0,34a	0,18a	0,34a	0,23a	0,20a
2	1,54a	1,20a	0,72a	0,65a	0,42a	0,40a
3	2,24ab	1,89ab	1,24ab	0,91ab	0,60b	0,56b
4	3,18ab	2,40ab	1,94ab	1,28bc	0,79c	0,78c
5	3,27ab	3,00ab	2,38cd	1,63cd	1,05cd	0,77d
6	4,99a	3,45ac	3,37ac	2,07ac	1,30c	1,18c
7	5,68a	4,16b	4,02b	2,31c	1,49c	1,33c
8	6,35a	4,73b	4,83b	2,62c	1,72c	1,54c
9	7,15a	5,45b	5,74b	2,99c	2,01c	1,76c
10	8,07ab	5,87b	7,07ab	3,41c	2,34c	2,10c
11	9,04a	6,54b	8,44a	3,80cd	2,57cd	2,36d
12	10,23a	7,25b	9,94a	4,23c	2,85d	2,71d
13	11,59a	7,97b	12,08a	4,66c	3,12d	3,02d
14	12,99a	8,82b	14,05a	5,07c	3,44d	3,28d
15	14,60b	9,37c	16,34a	5,53d	3,83e	3,57e
16	16,16b	9,86c	18,42a	6,02d	4,19e	3,84e

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 1.2 - Valores médios de perda de massa (%) das atemóias ao longo do armazenamento, na temperatura de 25°C

Tempo (dias)	25°C					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
1	1,57a	0,46a	1,04a	0,61a	0,55a	0,64a
2	2,73a	1,16a	2,01a	0,96a	0,95a	1,02a
3	4,41ab	2,33ab	3,06b	1,47b	1,47b	1,43b
4	5,59ab	3,23bc	3,83bc	1,83c	1,80c	1,74c
5	7,31a	4,50b	4,92b	2,35c	2,26c	2,20c
6	8,84a	5,59b	5,82b	2,79c	2,69c	2,55c
7	10,53a	6,84b	6,84b	3,32c	3,01c	2,89c
8	12,79a	8,35b	8,17b	3,89c	3,43c	3,31c
9	15,41a	10,25b	9,76b	4,54c	3,91c	3,74c
10	18,03a	12,15b	11,36b	5,19c	4,38c	4,17c
11	20,89a	14,27b	13,17b	5,85c	4,96c	4,68c
12	23,32a	15,60b	14,60b	6,32c	5,42c	5,05c
13	26,35a	17,84b	17,03b	6,98c	6,14c	5,64c
14	28,32a	19,69b	18,97b	7,48c	6,70c	6,10c
15	31,06a	22,60b	21,38b	8,16c	7,45c	6,77c
16	32,94a	24,84b	23,26b	8,70c	8,06c	7,34c

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os valores médios de perda de massa aceitável para comercialização é de 10% para frutos em geral. Considerando essa faixa de perda de massa, os frutos de atemóias tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca (FM) e cera de carnaúba (CC) armazenados a 15°C (Tabela 1.1), podem ser armazenados durante 16 e 12 dias, respectivamente. Já os frutos sem o tratamento de revestimento e armazenados a 15°C perduram até 11 dias com perda de massa inferior a 10%. Isso pode ser explicado pelo fato da cera de carnaúba utilizada não ter atuado como um revestimento efetivo, visto que durante o armazenamento o revestimento se desprende do fruto.

As taxas médias diárias de perda de massa para atemóias armazenadas a 15°C foram de 1,01%, 0,65% e 1,15%, respectivamente para frutos lote testemunha, tratados com revestimento comestível de fécula de mandioca e cera de carnaúba. Ficando evidente que a partir do 13º dia de armazenamento, os frutos tratados com cera de carnaúba passaram a ter uma perda de massa maior que os frutos testemunha.

Com relação aos frutos tratados com embalagens ativas e armazenados a 15°C, observou-se que, ao final dos 16 dias de armazenamento, os valores de perda de massa foram 6,02%, 4,19% e 3,84% respectivamente para os frutos embalados com PVC, PVC+Absorvedor de oxigênio e PVC+Absorvedor de etileno, evidenciando a eficácia do uso de embalagens ativas no que diz respeito ao controle da perda de massa, visto que esse tipo de embalagem forneceu melhores propriedades de retenção de vapor d'água e barreira a gases, já que a perda de massa fresca está diretamente relacionada à taxa de respiração e transpiração do produto.

As taxas médias diárias de perda de massa para os frutos embalados com filmes de PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno, armazenados a 15°C, foram de 0,37%, 0,26% e 0,24%, respectivamente. Pode-se notar que os frutos conservados com embalagens ativas obtiveram perda de massa inferior aos frutos embalados com revestimentos comestíveis e que todos os tratamentos pós-colheita, com exceção dos frutos tratados com cera de carnaúba, obtiveram menores perdas de massa que os frutos do lote testemunha, ao final dos 16 dias de armazenamento a 15°C.

A Figura 1.3 demonstra o comportamento da perda de massa das atemóias, ao longo do armazenamento a 15°C. Observa-se claramente que os frutos do lote testemunha apresentaram a perda de massa superior aos demais frutos submetidos aos tratamentos, com exceção dos frutos tratados com revestimento comestível de cera de carnaúba ao final do armazenamento (13º dia em diante). Verifica-se também que os frutos embalados com PVC obtiveram melhores resultados com relação ao controle da perda de massa e que o uso de absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno foi eficaz. A eficácia no uso do PVC com relação à perda de massa dos frutos da atemóia pode ser explicada pela estrutura do polímero, visto que durante o armazenamento os frutos perdem água na forma de vapor, sabendo que a permeação de vapor de água pelo plástico ocorre pelos espaços intermoleculares em três etapas, sorção e solubilização, difusão pelo material e dessorção e evaporação, conclui-se que o polímero dificulta a saída de vapor de água para o ambiente, diminuindo a diferença de pressão de vapor entre o ambiente e o fruto.

O comportamento da perda de massa dos frutos em embalagens ativas mostra que a manutenção da matéria fresca pode ser devido a um possível aumento da umidade relativa do ar no interior da embalagem, saturando a atmosfera ao redor do fruto, o que leva à diminuição do déficit de pressão do vapor de água destes em relação ao ambiente,

o que também explica a menor perda de massa nos frutos embalados individualmente. Comportamento semelhante foi observado em atemóia cv. PR3 (YAMASHITA et al., 2002) e em outros frutos, como manga cv. Tommy Atkins (SOUSA et al., 2002), pêsego ‘Flordaprience’ (KLUGE et al., 1999) e caqui ‘Giombo’ (ANTONIOLLI et al., 2001).

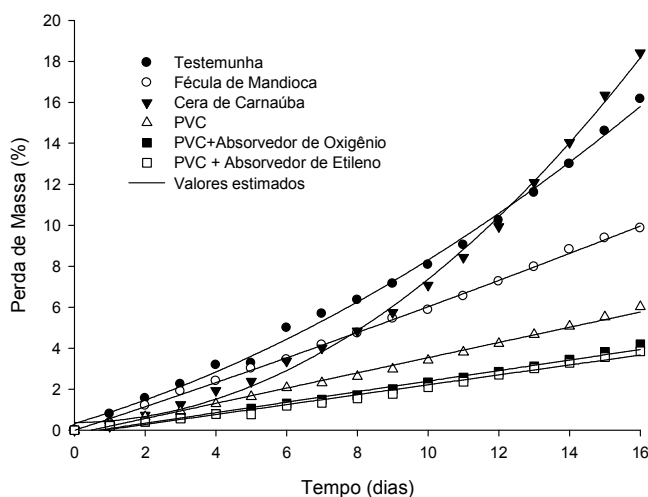


Figura 1.3 - Valores observados e estimados de perda de massa das atemóias ao longo do armazenamento, na temperatura de 15°C.

Na Tabela 1.2 encontram-se representados os valores médios de perda de massa das atemóias armazenadas a 25°C por 16 dias. Levando em consideração que, o limite máximo de perda de massa para que os frutos fiquem aptos para o consumo é de 10%, as atemóias não submetidas aos tratamentos e armazenadas a 25°C podem ser armazenadas por apenas seis dias, enquanto as atemóias tratadas com revestimento comestível de fécula de mandioca e cera de carnaúba podem ser armazenadas por oito e nove dias, respectivamente.

Assim como os frutos armazenados a 15°C, os frutos armazenados a 25°C e embalados com filme de PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno obtiveram melhor resposta quanto à diminuição da perda de massa comparada com os lotes tratados com revestimentos comestíveis.

Fica evidente a eficiência das embalagens cobertas com filmes de PVC ao observar que ao final dos 16 dias de armazenamento, todos os lotes tratados com filmes de PVC obtiveram perda de massa média inferior a 10%. Além disso, a perda de massa diária dos frutos dos lotes testemunha, revestidos com fécula de mandioca e revestidos

com cera de carnaúba foi de 2,05%, 1,55% e 1,45%, respectivamente, enquanto a perda de massa diária dos frutos embalados com filme de PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno foi de 0,54%, 0,50% e 0,45%, respectivamente.

A Figura 1.4 mostra o comportamento da perda de massa das atemóias, ao longo do armazenamento a 25°C. Observa-se que os frutos não submetidos a tratamentos pós-colheita obtiveram perda de massa superior aos demais frutos submetidos aos tratamentos, durante todo o armazenamento. Observa-se também que os frutos embalados com PVC obtiveram bons resultados com relação ao controle da perda de massa, e que os frutos, no interior das embalagens contendo absorvedor de oxigênio e absorvedor de etilenos, foram os que menos perderam massa durante os 16 dias de armazenamento a 25°C. Sabendo que não houve diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para perda de massa dos frutos tratados com PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio e PVC+Absorvedor de Etileno, podemos afirmar que o uso da embalagem de PVC somente seria o suficiente para reduzir drasticamente a perda de massa dos frutos de atemóia armazenados a 25°C.

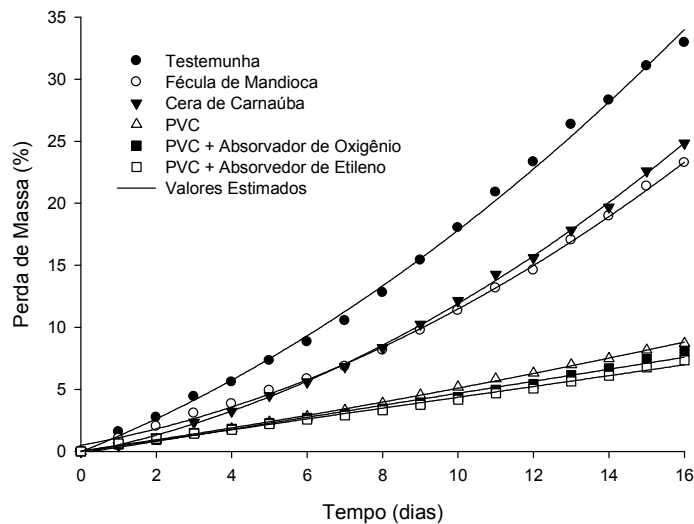


Figura 1.4 - Valores observados e estimados de perda de massa das atemóias ao longo do armazenamento, na temperatura de 25°C.

A perda de massa nos frutos da atemóia ocorreu devido à transpiração e respiração, sendo uma combinação de perda de água e massa. A água é perdida devido à diferença de pressão de vapor entre a atmosfera circundante e a superfície do fruto. A respiração causa perda de massa, pois átomos de carbono são perdidos dos frutos toda vez que uma molécula de CO<sub>2</sub> é produzida e emitida para a atmosfera. A maior perda da

massa ocorre devido à perda de água, pois há um quociente de pressão de vapor de água entre o ambiente interno do fruto e o ambiente externo (TAIZ; ZEIGER, 2004). Com o decréscimo da temperatura, ocorre diminuição da atividade metabólica e da troca gasosa com o meio e, conseqüentemente, redução da respiração e aumento da conservação pós-colheita de frutos (BOWER et al., 1998).

De acordo com Silva et al. (2009), o comportamento dos frutos em atmosfera modificada ativa (uso da embalagem PVC) mostra que a manutenção da matéria fresca pode ser devido a um possível aumento da umidade relativa do ar no interior da embalagem, saturando a atmosfera ao redor do fruto, o que leva à diminuição do déficit de pressão do vapor de água destes em relação ao ambiente, o que também explica a menor perda de massa nos frutos embalados individualmente.

Os resultados relativos à perda de massa das atemórias do presente trabalho seguem a tendência de pesquisas com este mesmo produto. Silva et al. (2009) avaliaram o uso de filme de PVC em frutos de atemória cv. Gefner armazenados a 15°C durante 15 dias, verificando que os frutos do lote testemunha apresentam perda de massa, ao final dos 15 dias de armazenamento, de aproximadamente 15,7%.

De acordo com Rocha (2005), os melhores resultados obtidos pelo uso do filme de PVC e temperatura de 15°C podem ser explicados pelo fato do uso da baixa temperatura, que desacelera o metabolismo e, além disso, torna o filme plástico mais denso e menos permeável ao vapor de água; conseqüentemente, a umidade relativa torna-se mais elevada no interior da embalagem, reduzindo a transpiração.

A Tabela 1.3 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de perda de massa ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Nota-se, na Tabela 1.3, que as equações que relacionam a perda de massa com o tempo de armazenamento apresentaram valores satisfatórios para o coeficiente de determinação, indicando que houve boa correspondência entre os dados observados e estimados pelas equações propostas.

Analisando a Figura 1.5, percebe-se a diferenciação em dois grupos: o que apresentou menores valores de perda de massa foi aquele composto pelos tratamentos armazenados a menor temperatura (15°C), enquanto o outro grupo, que apresentou maiores valores, foi composto pelos tratamentos armazenados à maior temperatura (25°C). Este fato indica que a temperatura proporcionou um efeito mais expressivo do que a atmosfera modificada para a perda de massa.

Tabela 1.3 - Equações ajustadas aos valores experimentais de perda de massa ( $PM$ ) das atemóias, em função do tempo de armazenamento ( $t$ ), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Temperatura	Tratamentos	Equação de regressão	$R^2$
15°C	TE	$\hat{PM} = 0,3254 + 0,5159t + 0,0282^{**}t^2$	$R^2 = 0,9965$
	FM	$\hat{PM} = -0,0098 + 0,5695t + 0,0034^{**}t^2$	$R^2 = 0,9987$
	CC	$\hat{PM} = 0,3700 + 0,0105t + 0,0689^{**}t^2$	$R^2 = 0,9973$
	PVC	$\hat{PM} = -0,1752 + 0,3712^{**}t$	$R^2 = 0,9955$
	PVC+AO	$\hat{PM} = -0,1770 + 0,2569^{**}t$	$R^2 = 0,9915$
	PVC+AE	$\hat{PM} = -0,2034 + 0,2417^{**}t$	$R^2 = 0,9858$
25°C	TE	$\hat{PM} = -0,0318 + 1,2162t + 0,0570^{**}t^2$	$R^2 = 0,9978$
	FM	$\hat{PM} = 0,4910 + 0,5536t + 0,0545^{**}t^2$	$R^2 = 0,9988$
	CC	$\hat{PM} = -0,1502 + 0,6138t + 0,0593^{**}t^2$	$R^2 = 0,9993$
	PVC	$\hat{PM} = 0,0397 + 0,4351t + 0,0071^{**}t^2$	$R^2 = 0,9990$
	PVC+AO	$\hat{PM} = -0,1536 + 0,4839^{**}t$	$R^2 = 0,9909$
	PVC+AE	$\hat{PM} = -0,0021 + 0,4361^{**}t$	$R^2 = 0,9943$

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

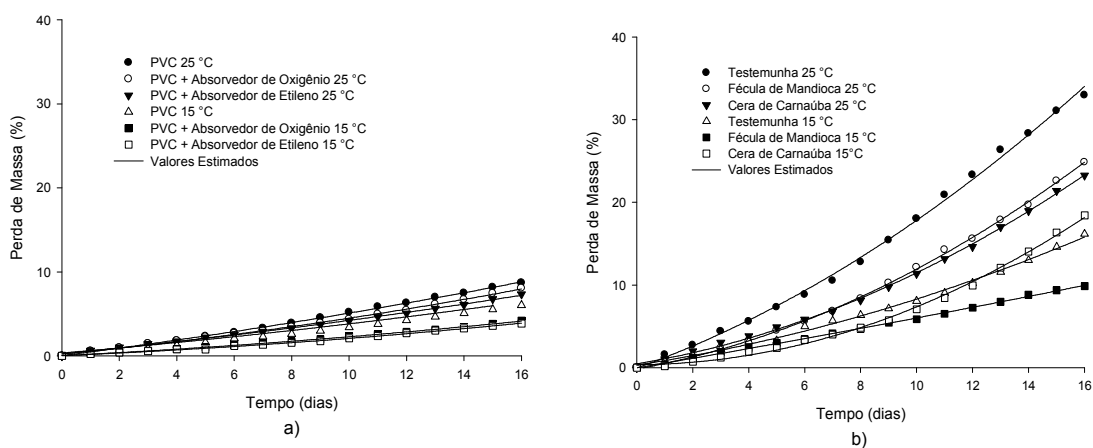


Figura 1.5 - Valores observados e estimados de perda de massa das atemóias: a) frutos embalados com filme de PVC e armazenados a 15 e 25°C; b) frutos tratados com revestimentos comestíveis e armazenados a 15 e 25°C.

A perda de massa fresca, por ser uma ocorrência de fácil percepção, exerce, juntamente com a aparência externa, grande influência no momento da comercialização dos frutos. Apesar de ocorrer naturalmente, quando atinge certo limiar, particular a cada variedade e cultivar, prejudica não somente a aparência como também a textura do fruto.

### **3.2. Adequabilidade do modelo generalizado de Maxwell para descrever a relaxação das atemóias**

Os parâmetros estatísticos do modelo generalizado de Maxwell (Equação 1.5) para descrever o processo de relaxação das atemóias, armazenadas a 15°C nos tempos 2, 8 e 16 de armazenamento, estão apresentados na Tabela 1.4. Os tempos 2, 8 e 16 foram escolhidos somente para facilitar a apresentação e entendimento dos resultados.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1.4, observa-se que o ajuste do modelo generalizado de Maxwell apresentou valores de coeficiente de determinação acima de 98% e que todos os coeficientes, em todas as condições experimentais, foram significativos, indicando assim um bom ajuste desse modelo aos dados experimentais.

O emprego isolado do coeficiente de determinação não deve ser usado como critério de avaliação de modelos não lineares (KASHANINEJAD et al., 2007; CUNNINGHAM et al., 2007). Sendo assim, foram calculados os valores de P e SE (Equações 1.6 e 1.7). De acordo com Draper e Smith (1998), a capacidade de um modelo para descrever fielmente um processo físico é inversamente proporcional aos valores de SE. Ademais, uma variabilidade dos dados estimados menor que 10% indica um melhor ajuste de modelos para fins práticos, o que é recomendado para o uso de modelos não lineares (MOHAPATRA; RAO, 2005; CUNNINGHAM et al., 2007).

Verifica-se por meio da Tabela 1.4 que os valores de P e SE foram satisfatórios, indicando que o modelo representa satisfatoriamente o comportamento das curvas de relaxação das atemóias ao longo do tempo de armazenamento.

Tabela 1.4 - Valores do desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e coeficientes ( $\sigma_e$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  e  $\tau_3$ ) do modelo generalizado de Maxwell obtidos pelo ajuste aos dados experimentais do processo de relaxação das atemóias armazenadas a 15°C

Tempo	Parâmetros	15°C					
		TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
2	$\sigma_e$	0,6577*	0,6950*	0,6619*	0,6655*	0,6784*	0,6581*
	$A_1$	0,0502*	0,0378*	0,0521*	0,0452*	0,0436*	0,0475*
	$A_2$	0,1027*	0,0915*	0,1071*	0,0947*	0,1012*	0,1011*
	$A_3$	0,1865*	0,1744*	0,2049*	0,2063*	0,1923*	0,1898*
	$\tau_1$ (s)	0,2353*	0,2372*	0,2182*	0,2408*	0,2261*	0,2695*
	$\tau_2$ (s)	1,3381*	1,4158*	1,2405*	1,3131*	1,2339*	1,5018*
	$\tau_3$ (s)	9,5241*	11,0031*	9,6196*	10,5914*	9,5435*	11,9412*
	SE	0,01	0,001	0,004	0,01	0,005	0,0054
	P (%)	0,683	0,1210	0,2941	1,21	0,46	0,48
	$R^2$	0,9946	0,9997	0,9984	0,9833	0,9971	0,9962
8	$\sigma_e$	0,6098*	0,6326*	0,6590*	0,6598*	0,6486*	0,6329*
	$A_1$	0,0545*	0,0457*	0,0440*	0,0326*	0,0494*	0,0738*
	$A_2$	0,1156*	0,1057*	0,0976*	0,1131*	0,1023*	0,0951*
	$A_3$	0,2156*	0,2134*	0,1976*	0,1954*	0,1970*	0,1964*
	$\tau_1$ (s)	0,2103*	0,1959*	0,2161*	0,1547*	0,2147*	0,3009*
	$\tau_2$ (s)	1,3313*	1,1349*	1,2195*	1,1097*	1,2137*	1,3987*
	$\tau_3$ (s)	10,7150*	10,1245*	9,3696*	9,9874*	9,2154*	9,0214*
	SE	0,0033	0,010	0,008	0,01	0,010	0,01
	P (%)	0,31	0,9435	0,8175	0,53	0,95	1,244
	$R^2$	0,9991	0,9898	0,9918	0,9967	0,9896	0,9849
16	$\sigma_e$	0,5700*	0,6054*	0,5950*	0,6109*	0,6101*	0,6029*
	$A_1$	0,0443*	0,0468*	0,0411*	0,0362*	0,0435*	0,0432*
	$A_2$	0,1252*	0,1069*	0,1075*	0,1057*	0,1056*	0,1057*
	$A_3$	0,2604*	0,2378*	0,2534*	0,2493*	0,2286*	0,2412*
	$\tau_1$ (s)	0,1399*	0,2069*	0,1858*	0,1396*	0,1917*	0,2487*
	$\tau_2$ (s)	0,9862*	1,1569*	1,0442*	0,8683*	1,0611*	1,2590*
	$\tau_3$ (s)	8,7854*	9,7348*	8,8548*	8,3214*	8,9215*	10,0214*
	SE	0,005	0,009	0,01	0,01	0,008	0,0020
	P (%)	0,6314	0,8997	0,95	0,774	0,75	0,20
	$R^2$	0,9980	0,9936	0,9937	0,994	0,9938	0,9996

\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t".

Outros autores, utilizando o modelo de Maxwell com diferentes números de elementos, também reportaram a melhor representação dos dados experimentais de relaxação de diferentes produtos por meio desta equação (DEL NOBILE et al., 2007; RODRÍGUEZ-SANDOVAL et al., 2009; SADOWSKA et al., 2009; BELLIDO; HATCHER, 2009a e 2009b; BHATTACHARYA, 2010; CAMPUS et al., 2010). Este fato demonstra a larga utilização deste modelo para o estudo das alterações viscoelásticas decorrentes da compressão.

Pelos resultados observados na Tabela 1.4, nota-se que os frutos armazenados a 15°C não submetidos a tratamentos pós-colheita (testemunha) são menos elásticos que os frutos submetidos aos tratamentos pós-colheita, uma vez que o parâmetro  $\sigma_e$  representa o componente elástico de maior magnitude do modelo (BELLIDO; HATCHER, 2009b). Logo, maiores valores de  $\sigma_e$  denotam produtos mais elásticos e de melhor qualidade.

Fazendo uma análise geral ao final dos 16 dias de armazenamento, os frutos armazenados a 15°C tratados com embalagens de filme de PVC obtiveram melhores resultados com relação a sua elasticidade, visto que ao final do armazenamento o valor da força normalizada no equilíbrio ( $\sigma_e$ ) do modelo ajustado de Maxwell foi de 0,6109, seguido dos frutos embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio, com  $\sigma_e$  igual a 0,6101, revestidos comestível de fécula de mandioca, com  $\sigma_e$  igual a 0,6054, embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno,  $\sigma_e$  igual a 0,6029, revestidos com cera de carnaúba,  $\sigma_e$  igual a 0,5950, por fim frutos não submetidos a tratamentos pós-colheita com  $\sigma_e$  igual a 0,5700. Observa-se que a diferença entre os valores de  $\sigma_e$  entre os tratamentos é relativamente mínima, contudo sendo suficiente para diferenciar quais tratamentos foram mais efetivos no que diz respeito à viscoelasticidade dos frutos de Atemóia armazenados a 15°C por 16 dias.

Ademais, cada conjunto dos coeficientes  $A$  e  $\tau$  retrata a porção da força inicial que decai em um determinado tempo, ou seja, para Atemóias do lote testemunha (TE) no tempo 8 de armazenamento, por exemplo, a força necessária para manter a deformação de 0,005 m decresce de 5,45% nos primeiros 0,2103 segundos de análise, e assim sucessivamente.

Para fins ilustrativos, a Figura 1.6 contém os valores estimados pelo modelo de Maxwell Generalizado das variações da força necessária para manter uma deformação específica de 0,005 m durante 20 s, para os frutos da Atemóia não submetidos e

submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita, nos dias 2, 8 e 16 de armazenamento a 15°C.

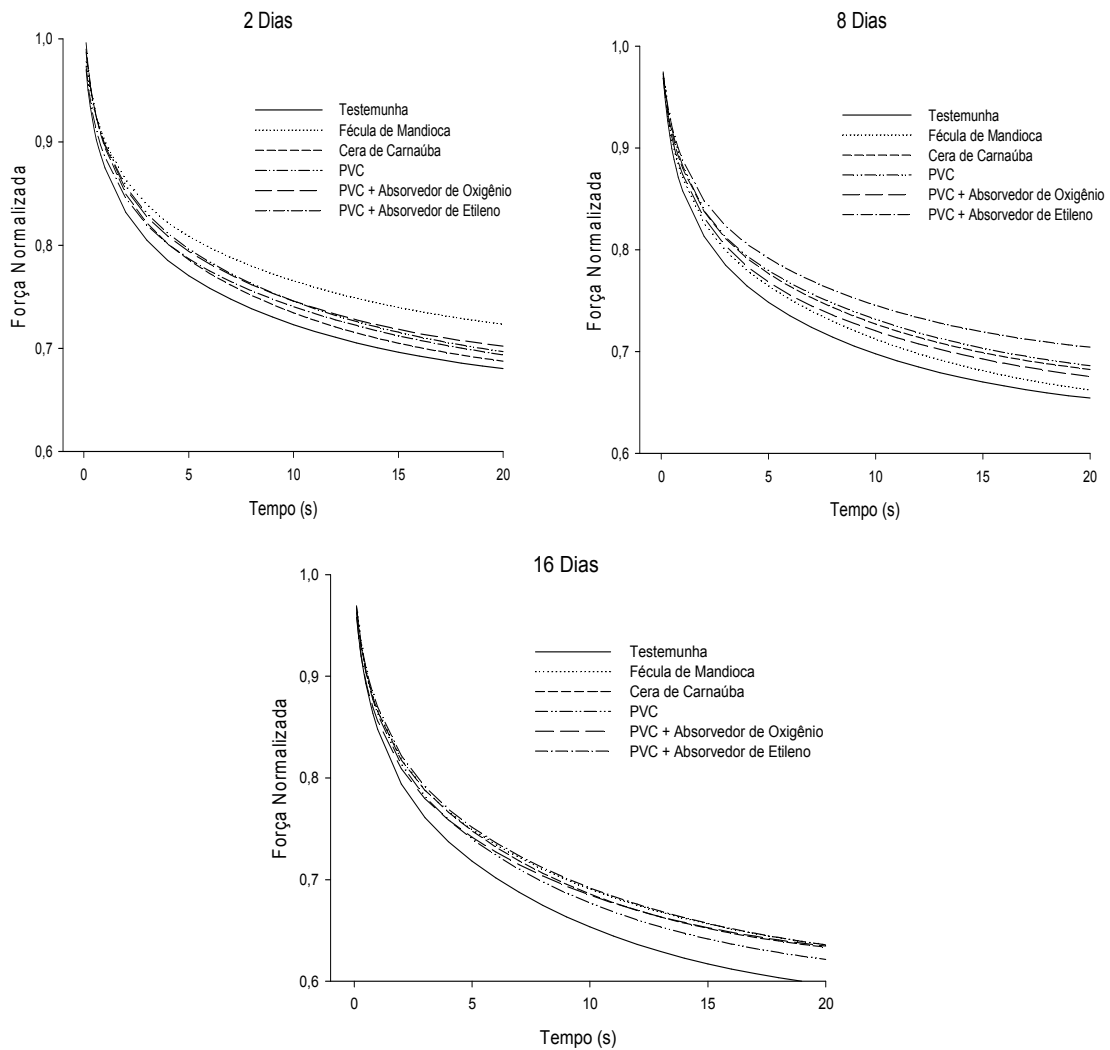


Figura 1.6 - Curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das atemóias armazenados a 15°C.

Observando a Figura 1.6, nota-se que, ao fixar um tempo durante a análise, os frutos mais verdes e firmes apresentam uma maior força normalizada que os frutos mais maduros. Além disso, pode-se verificar que o tempo para decair certa quantidade da força inicial é menor para os frutos maduros, fato este facilmente visualizado fixando uma força. Por exemplo, para uma força normalizada de 0,80, no tempo 8 de armazenamento, as atemóias não submetidas a tratamentos pós-colheita têm um menor tempo para atingir esta força, ao passo que em um tempo de teste de 5 s, os frutos submetidos a tratamentos pós-colheita são mais firmes que os frutos do lote não

submetido a tratamentos pós-colheita, devido à maior força normalizada. Fato este que se repete nos gráficos dos dias 2 e 16 de armazenamento.

A partir da análise do comportamento das curvas do modelo de Maxwell Generalizado (Figura 1.6), fica evidente a característica viscoelástica das atemóias, além da fácil visualização que os tratamentos pós-colheita foram eficazes para manter as características viscoelásticas das atemóias, quando comparados com os frutos do lote testemunha.

Na Tabela 1.5 estão apresentados os parâmetros estatísticos do modelo generalizado de Maxwell para descrever o processo de relaxação das atemóias, armazenadas a 25°C nos tempos 2, 8 e 14 de armazenamento.

Assim como na Tabela 1.4, na qual as atemóias foram armazenadas a 15°C, observa-se na Tabela 1.5 que o ajuste do modelo generalizado de Maxwell também apresentou valores de coeficiente de determinação considerados ótimos, acima de 96%, e que todos os coeficientes, em todas as condições experimentais, foram significativos, indicando assim um bom ajuste desse modelo aos dados experimentais

Analisando a Tabela 1.5, nota-se que os frutos armazenados a 25°C, não submetidos a tratamentos pós-colheita (testemunha) ao final de 14 dias de armazenamento, já se encontravam estragados, inviáveis para o consumo e, conseqüentemente, inviáveis para realizar as análises. Dentre os lotes avaliados, somente os frutos tratados com revestimento comestível de fécula de mandioca, embalados com filme de PVC, embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio e embalados com filme de PVC + Absorvedor de etileno, perduraram até os 14 dias de armazenamento. Levando em consideração a força normalizada no equilíbrio, os frutos revestidos com fécula de mandioca obtiveram maiores valores desse parâmetro, com  $\sigma_e$  igual a 0,5984, seguido dos frutos embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno, com  $\sigma_e$  igual a 0,5687, embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio, com  $\sigma_e$  igual a 0,5024, e embalados com filme de PVC somente, com  $\sigma_e$  igual a 0,4954.

Pelos resultados observados nas Tabelas 1.4 e 1.5, nota-se que os valores da força normalizada no equilíbrio são menores para os frutos armazenados a 25°C (Tabela 1.5) com relação aos frutos armazenados a 15°C (Tabela 1.4). Além disso, os frutos armazenados a 25°C não conseguiram se conservar adequadamente até o final dos 16 dias de armazenamento, ao passo que este fato não ocorreu com os frutos armazenados a 15°C, ficando evidente a eficiência da refrigeração no armazenamento de frutos da atemóia.

Tabela 1.5 - Valores do desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e coeficientes ( $\sigma_e$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  e  $\tau_3$ ) do modelo generalizado de Maxwell obtidos pelo ajuste aos dados experimentais do processo de relaxação das atemóias armazenadas a 25°C

Tempo	Parâmetros	25°C					
		TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
2	$\sigma_e$	0,6755*	0,6908*	0,6274*	0,7127*	0,6677*	0,6869*
	$A_1$	0,0437*	0,0306*	0,0377*	0,0344*	0,0418*	0,0364*
	$A_2$	0,1221*	0,0897*	0,1051*	0,0837*	0,0971*	0,0889*
	$A_3$	0,1829*	0,1878*	0,2322*	0,1680*	0,1910*	0,1855*
	$\tau_1$ (s)	0,1872*	0,1833*	0,1195*	0,2231*	0,2366*	0,2205*
	$\tau_2$ (s)	1,2541*	1,1776*	0,9887*	1,3509*	1,3628*	1,3107*
	$\tau_3$ (s)	10,125*	10,987*	10,999*	10,901*	11,215*	10,985*
	SE	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01
	P (%)	0,68	1,38	2,40	0,40	1,43	1,28
	$R^2$	0,9923	0,9657	0,9398	0,9970	0,9721	0,97850
8	$\sigma_e$	0,6080*	0,6541*	0,6037*	0,5920*	0,5177*	0,5660*
	$A_1$	0,0512*	0,0311*	0,0453*	0,0511*	0,0612*	0,0635*
	$A_2$	0,0838*	0,0901*	0,1012*	0,1082*	0,0835*	0,1233*
	$A_3$	0,2467*	0,2075*	0,2369*	0,2483*	0,3283*	0,2758*
	$\tau_1$ (s)	0,3512*	0,1755*	0,2868*	0,1836*	0,2984*	0,0804*
	$\tau_2$ (s)	1,2487*	1,1192*	1,3079*	1,2042*	1,6363*	0,8973*
	$\tau_3$ (s)	10,048*	10,687*	10,864*	10,621*	10,712*	10,785*
	SE	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
	P (%)	0,98	1,04	0,61	1,31	2,30	2,36
	$R^2$	0,9867	0,9724	0,9936	0,9858	0,9594	0,9636
14	$\sigma_e$	-	0,5984*	-	0,4954*	0,5024*	0,5687*
	$A_1$	-	0,0457*	-	0,0515*	0,0434*	0,0486*
	$A_2$	-	0,0887*	-	0,1391*	0,1244*	0,1050*
	$A_3$	-	0,2374*	-	0,3127*	0,3263*	0,2756*
	$\tau_1$ (s)	-	0,1456*	-	0,1866*	0,2139*	0,2452*
	$\tau_2$ (s)	-	0,8157*	-	1,1276*	1,2445*	1,2325*
	$\tau_3$ (s)	-	10,021*	-	10,302*	10,215*	9,021*
	SE	-	0,02	-	0,01	0,02	0,01
	P (%)	-	1,60	-	1,08	2,31	1,26
	$R^2$	-	0,9642	-	0,9930	0,9786	0,9918

\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t".

Na Figura 1.7 são mostrados os valores estimados pelo modelo de Maxwell Generalizado para as variações da força necessária para manter uma deformação específica de 0,005 m durante 20 s, para os frutos da atemóia não submetidos e submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita, nos dias 2, 8 e 14 de armazenamento a 25°C. As curvas de relaxação ajustadas através do modelo de Maxwell Generalizado demonstram que os tratamentos pós-colheita foram eficazes ao se conservar os frutos da atemóia durante o armazenamento.

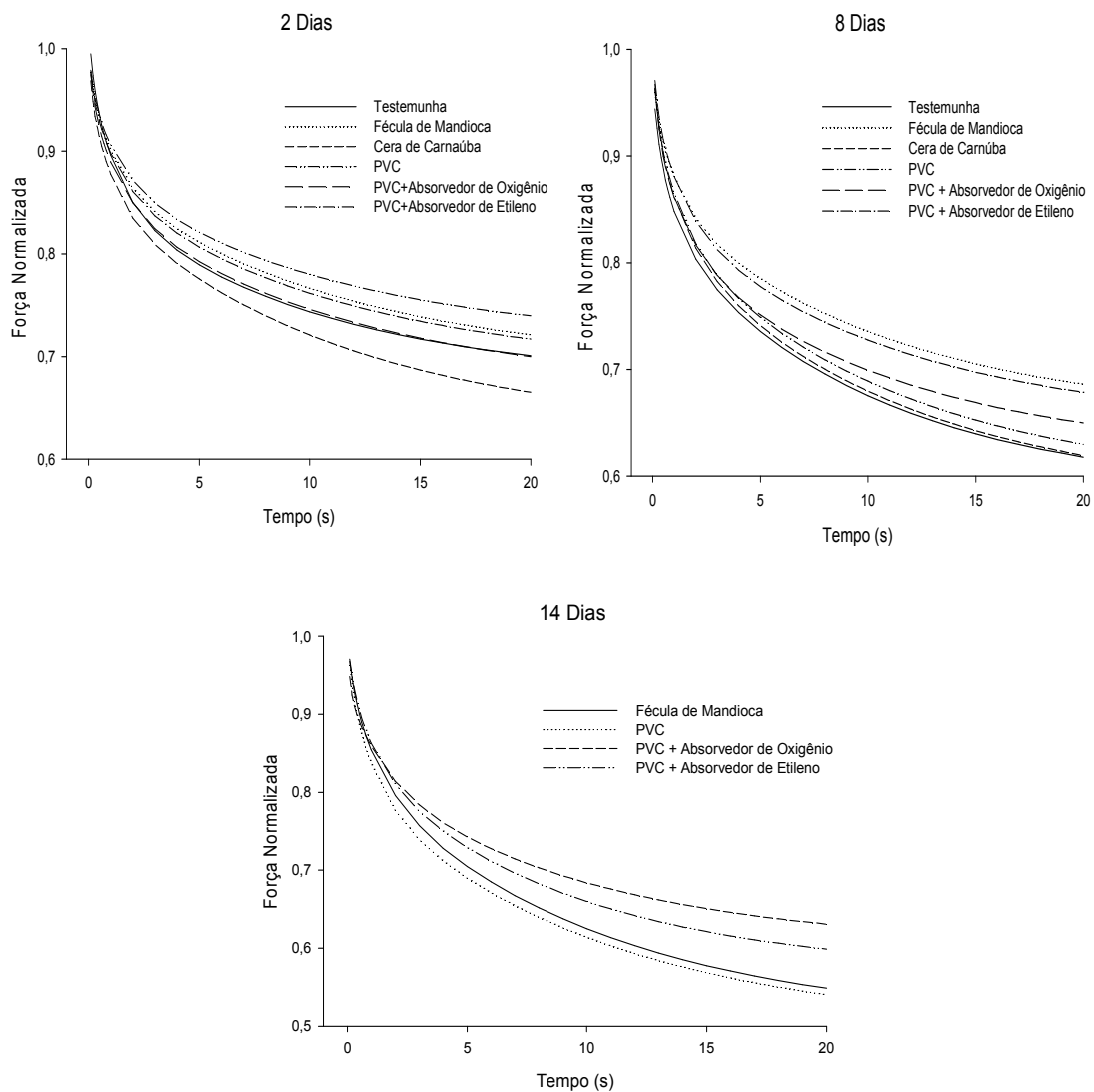


Figura 1.7 - Curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das atemóias armazenadas a 25°C.

Assim como aconteceu com o comportamento da força demonstrado na Figura 1.6, na Figura 1.7 verifica-se que, fixando um valor de força normalizada, o tempo necessário para atingir essa força é menor para os frutos do lote testemunha e que os frutos dos lotes tratados com algum tratamento pós-colheita possui forças mais elevadas em um determinado tempo de análise, quando comparados com os frutos do lote testemunha.

Ao observar o gráfico do oitavo dia de armazenamento, fixando o tempo de 5 segundos de análise, verifica-se que os frutos tratados com fécula de mandioca possuem valor de força normalizada próximo de 0,78, enquanto os frutos do lote testemunha possuem valores próximos de 0,72, evidenciando que os revestimentos com fécula de mandioca foram eficazes para manter as características viscoelásticas das atemóias, comparando com os frutos do lote testemunha.

Nos gráficos da Figura 1.8 estão representados as curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das atemóias do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento a 15°C. Analisando estes gráficos verifica-se que a força normalizada diminuiu com o tempo conservação. Isso se deve ao fato dos frutos estarem, nos primeiros dias de armazenamento, mais firmes que os frutos dos dias posteriores, pois a cada dia os frutos estão mais maduros, com sua estrutura menos rígida, com uma menor força normalizada.

Observa-se nos gráficos da Figura 1.8 que as curvas dos gráficos que representam os frutos tratados com algum tratamento pós-colheita estão ligeiramente acima das curvas dos frutos não submetidos aos tratamentos pós-colheita (testemunha), no que diz respeito à força normalizada em um tempo de teste específico. Esse resultado prova que os frutos da atemóia armazenadas a 15°C e submetidos a algum tratamento pós-colheita se conservou melhor que os frutos não submetidos a tratamentos pós-colheita no que diz respeito à manutenção de suas propriedades texturais.

Na Figura 1.9 estão representados os gráficos das curvas de relaxação e os valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das atemóias do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento a

25°C. Observa-se comportamento similar às curvas dos gráficos da Figura 1.6. No entanto, percebe-se que, quando armazenados a 25°C, os frutos das atemóias se deterioraram mais rapidamente.

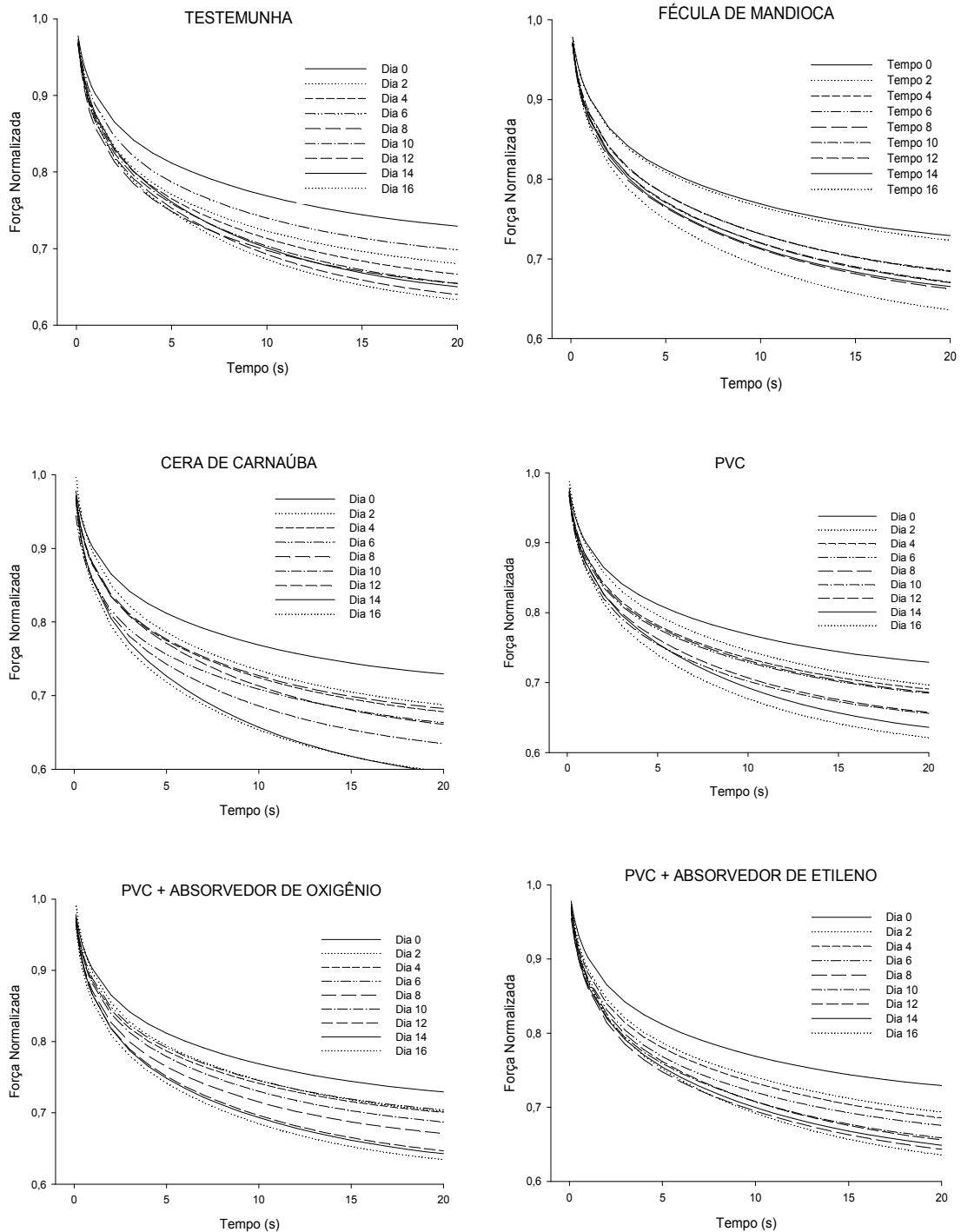


Figura 1.8 - Curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das atemóias em diferentes tempos de armazenamento a 15°C.

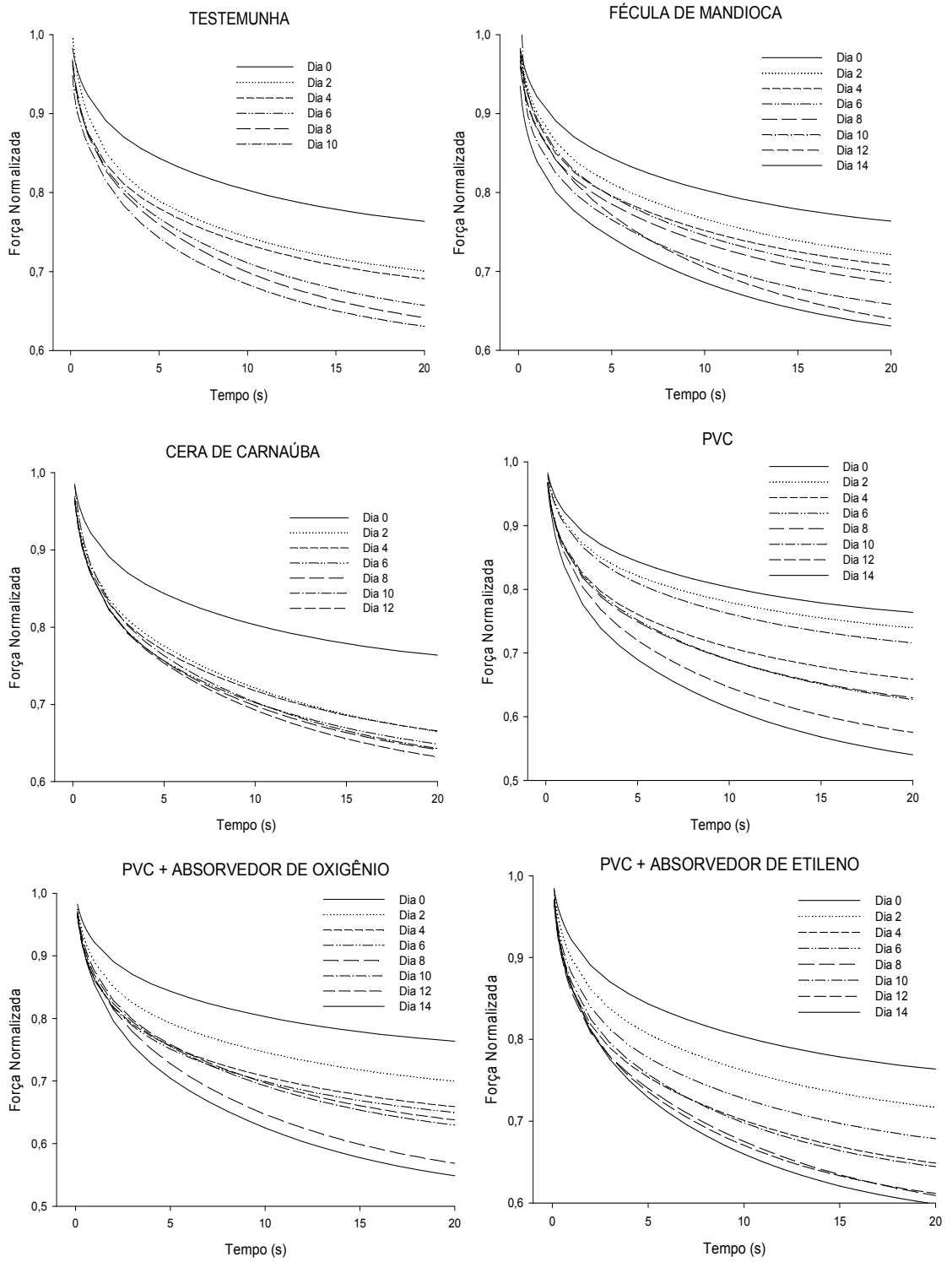
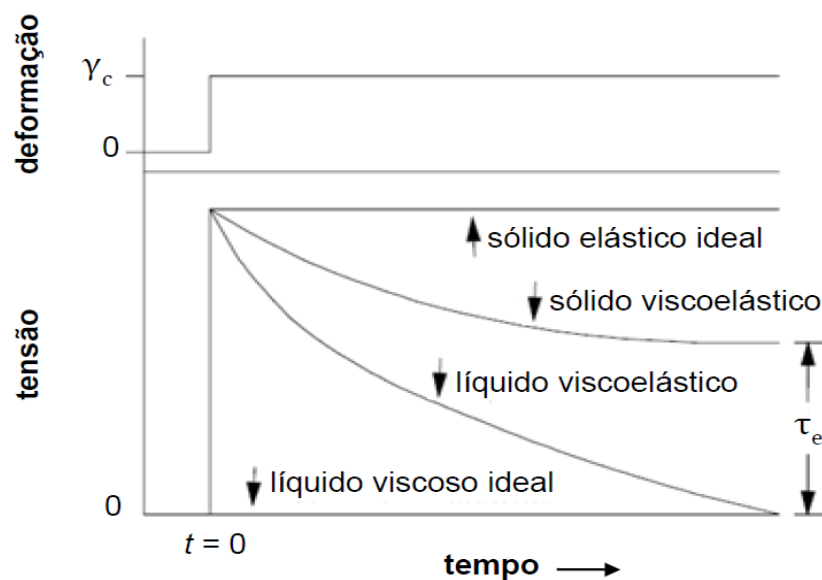


Figura 1.9 - Curvas de relaxação, dos valores estimados pelo modelo generalizado de Maxwell, das atemórias em diferentes tempos de armazenamento a 25°C.

As curvas de relaxação são dependentes da composição do produto analisado e do estágio de maturação dos frutos. Comparando estas figuras com a Figura 1.10, observa-se que as atemóias se comportam como um material sólido viscoelástico, como a maioria dos frutos. Dessa forma, por serem viscoelásticos, os frutos da atemóia podem, teoricamente, retornar a sua conformação inicial após sofrerem pequenas deformações. Sendo assim, apesar das práticas pós-colheita resultarem em danificações indesejadas, as mesmas podem ser realizadas desde que de modo adequado (mínimo manuseio). Os materiais elásticos ideais não relaxam com o tempo, ao passo que um material viscoso ideal relaxaria instantaneamente. Os materiais sólidos viscoelásticos relaxam gradualmente até atingirem uma força de equilíbrio maior que zero, e os líquidos viscoelásticos apresentam uma força residual nula.



Fonte: Adaptado de Steffe (1996).

Figura 1.10 - Curvas de tensão e relaxação.

### 3.3. Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 15°C

#### 3.3.1. Análises não destrutivas

A Figura 1.11 contém os valores médios observados da força máxima necessária para promover uma deformação específica de 0,005 m nos frutos da atemóia submetidos a uma compressão uniaxial na posição natural de repouso, dos tratamentos

testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno em diferentes tempos de armazenamento a 15°C.

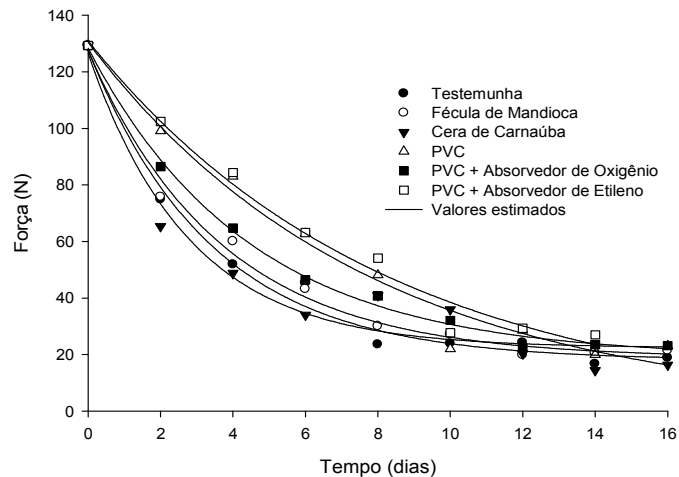


Figura 1.11 - Valores médios observados e estimados da firmeza das atemóias em diferentes tempos de armazenamento a 15°C.

Nota-se que a firmeza dos frutos, expressa pela força máxima sustentada pelos mesmos para uma dada deformação (Figura 1.11), decresceu durante o armazenamento, variando entre 129,26 e 14,53 N. Esta força é um indicador das propriedades mecânicas do produto (LIEN et al., 2009), sendo inversamente proporcional ao amadurecimento dos frutos (MOHSENIN, 1986) e, portanto, pode ser utilizada como indicador do amadurecimento (DE KETELAERE et al., 2006). Outros autores também relatam a diminuição de firmeza de frutos diversos com o amadurecimento dos mesmos (HERTOG et al., 2004; LANA et al., 2005; DE KETELAERE et al., 2006; SCHOUTEN et al., 2007).

Analisando a Figura 1.11, observa-se que os tratamentos pós-colheita aplicados aos frutos da atemóia, com exceção da cera de carnaúba, foram eficientes na conservação da firmeza durante o amadurecimento desses frutos, em comparação com os frutos do lote testemunha. Nos frutos tratados com cera de carnaúba não foram conservadas as características de firmeza como nos demais tratamentos pós-colheita, sendo observado durante o armazenamento valores de firmeza menores do que os valores encontrados nos frutos do lote testemunha. Observa-se também que os frutos

embalados com PVC + Absorvedor de etileno obtiveram melhores respostas com relação à conservação da firmeza durante o armazenamento a 15°C. Isso pode ser explicado pelo retardamento do amadurecimento causado pela embalagem de PVC e pelo absorvedor de etileno, devido à diminuição da respiração das atemóias que se caracterizam por apresentar metabolismo acelerado e alta perecibilidade.

Observa-se na Figura 1.11, também, que a partir do 14º dia de armazenamento a firmeza dos frutos de atemóia submetidos e não submetidos a tratamentos pós-colheita apresentaram valores similares, próximos de 20 N, ficando evidente que após 14 dias de armazenamento os frutos de atemóia tratados ou não já estão com sua qualidade consideravelmente prejudicada, ficando a partir desse dia inviáveis para o consumo. Os resultados encontrados nesse experimento estão próximos dos encontrados por Yamashita et al. (2002), que trabalharam com frutos de atemóia “PR3” embalados em filme PD-955, permeável a diferentes gases, e armazenados a 15°C por 17 dias, enquanto os frutos controle, não embalados, e armazenados sob a mesma temperatura apresentaram vida útil de 13 dias.

Segundo Couto et al. (2002), no estudo do comportamento mecânico de um material, o módulo de deformidade é considerado mais significativo que o de elasticidade, visto que, quando um produto é comprimido, a deformação total é que tem aplicação prática. O módulo proporcional de deformidade decresceu durante o armazenamento (Figura 1.12).

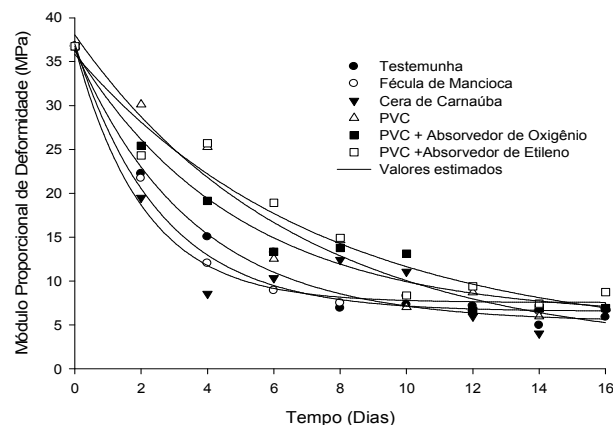


Figura 1.12 - Valores médios observados e estimados do módulo proporcional de deformidade para os frutos da atemóia em diferentes tempos de armazenamento a 15°C.

Pela Figura 1.12 observa-se que o módulo proporcional de deformidade apresentou um comportamento semelhante ao da força de compressão. Couto et al. (2002) argumentam que, quanto maior o módulo proporcional de deformidade, maior a força necessária para promover determinada deformação em um produto. Os valores do módulo proporcional de deformidade diminuíram de 36,76 a 5,87 MPa durante o armazenamento. Alguns autores, trabalhando com diferentes produtos, apresentaram valores do módulo proporcional de deformidade, descritos na Tabela 1.6.

Tabela 1.6 - Valores para fins de comparação do módulo proporcional de deformidade (EP) para diferentes produtos

Produto	$E_p$ (MPa)	Referência
Batata	60,3 – 125,4	Hicsasmaz e Rizvi (2005)
Fatias de maçã	1,2 – 2,5	Paoletti et al. (1993)
Frutos de café cereja	10 – 30	Couto et al. (2002)
Frutos de café verde	70 – 150	Couto et al. (2002)

A Figura 1.13 apresenta os valores médios observados da energia referentes a uma deformação específica de 0,005 m nos frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno ao longo do armazenamento a 15°C.

Os valores da energia referentes ao teste de compressão das atemóias variaram entre 285,55 e 43,33 mJ. A energia apresentou comportamento semelhante ao da força e ao do módulo proporcional de deformidade, ou seja, diminuíram seus valores com o tempo de armazenagem e se comportam diferentemente para cada tratamento.

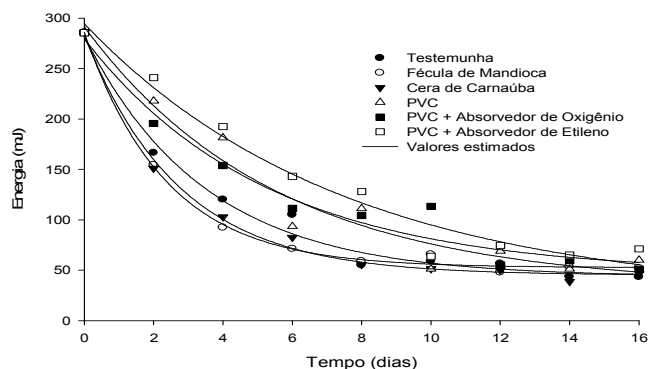


Figura 1.13 - Valores médios observados e estimados da energia necessária de compressão para uma deformação específica de 0,005 m para os frutos da Atemóia em diferentes tempos de armazenamento a 15°C.

A Tabela 1.7 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de firmeza e de energia necessárias para uma deformação específica de 0,005 m para os frutos da Atemóia, bem como do módulo proporcional de deformidade ao longo do armazenamento e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

A força, a energia e o módulo proporcional de deformidade decresceram exponencialmente ao longo do armazenamento para todas as condições estudadas. As equações de regressão apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação, obtendo parâmetros significativos ( $p < 0,01$ ), indicando que os mesmos são aptos para representar o fenômeno estudado.

### 3.3.2. Análise destrutiva

As análises destrutivas para o estudo das alterações em frutos, cereais, dentre outros, vêm sendo empregada juntamente com as análises não-destrutivas deforma a se obter, para cada produto, aquela que melhor retrata as alterações físico-químicas destes produtos ao longo de sua vida de prateleira. Abbott (1999) e De Ketelaere et al. (2006) relatam que a força resultante da penetração é reflexo de alterações nas propriedades mecânicas de materiais biológicos. Portanto, a sua utilização é um importante indicador da firmeza e amadurecimento destes produtos (WANG et al., 2006).

Tabela 1.7 - Equações ajustadas aos valores experimentais de firmeza (F), energia ( $\xi$ ) e módulo proporcional de deformidade ( $E_p$ ) das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{F} = 17,9860 + 109,79\exp(-0,2918^{**}t)$	0,9876
	$\hat{\xi} = 43,4373 + 239,2314\exp(-0,2867^{**}t)$	0,9859
	$\hat{E}_p = 5,3157 + 31,1516\exp(-0,2834^{**}t)$	0,9884
Fécula de mandioca	$\hat{F} = 18,8170 + 108,5798\exp(-0,2696^{**}t)$	0,9918
	$\hat{\xi} = 52,6016 + 233,2929\exp(-0,4243^{**}t)$	0,9969
	$\hat{E}_p = 6,5292 + 30,4998\exp(-0,3889^{**}t)$	0,9949
Cera de carnaúba	$\hat{F} = 22,4219 + 104,0489\exp(-0,3569^{**}t)$	0,9532
	$\hat{\xi} = 45,0541 + 238,0076\exp(-0,3651^{**}t)$	0,9946
	$\hat{E}_p = 7,5503 + 29,2189\exp(-0,4834^{**}t)$	0,9283
PVC	$\hat{F} = 130,4039\exp(-0,1297^{**}t)$	0,9776
	$\hat{\xi} = 33,9802 + 257,4047\exp(-0,1812^{**}t)$	0,9579
	$\hat{E}_p = 1,9627 + 36,09126\exp(-0,1496^{**}t)$	0,9537
PVC + absorvedor de oxigênio	$\hat{F} = 19,1092 + 109,2494\exp(-0,2241^{**}t)$	0,9960
	$\hat{\xi} = 46,6955 + 232,7887\exp(-0,1913^{**}t)$	0,9660
	$\hat{E}_p = 5,9405 + 30,2903\exp(-0,2028^{**}t)$	0,9734
PVC + absorvedor de etileno	$\hat{F} = 130,9182\exp(-0,1223^{**}t)$	0,9831
	$\hat{\xi} = 23,0408 + 271,3385\exp(-0,1329^{**}t)$	0,9703
	$\hat{E}_p = 3,1807 + 32,6538\exp(-0,1351^{**}t)$	0,9464

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "t".

A Figura 1.14 apresenta os valores médios observados da força de penetração da periderme das atemóias submetidos e não submetidos a tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 15°C.

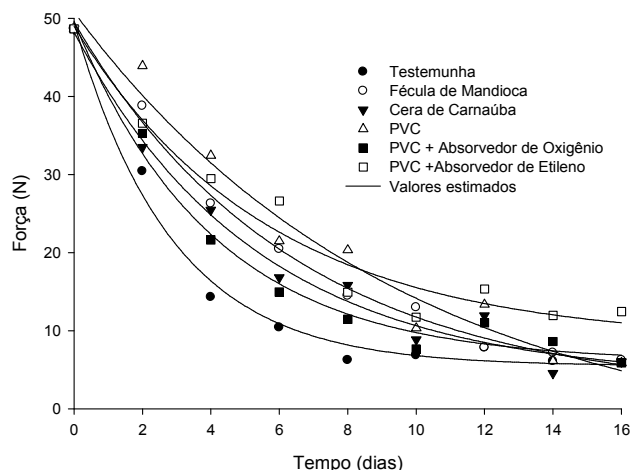


Figura 1.14 - Valores médios observados e estimados da força de penetração da periderme das atemóias em diferentes tempos de armazenamento a 15°C.

Os valores da força de penetração da periderme das atemóias variaram entre 48,67 e 5,86 N para um tempo de armazenamento de 16 dias. As variações da força de penetração são devidas principalmente à perda de massa dos frutos, alterando a turgescência dos frutos. Mayor et al. (2007) explicam que, devido à alta tensão celular promovida pela maior turgescência dos frutos, há um aumento na dureza e a elasticidade do tecido. Logo, frutos que apresentem menor perda de massa também apresentam maior turgescência e, por conseguinte, maior força de penetração da periderme.

Outro aspecto inerente à força de rompimento da periderme das atemóias é em relação ao amadurecimento dos mesmos. É sabido que a periderme dos frutos verdes requer uma maior força para que ocorra seu rompimento, decrescendo seus valores ao passo que os frutos se tornam maduros (BATU, 2004; VAN ZEEBROECK et al., 2007). Este fato está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, em que a força de penetração da periderme dos frutos decresceu durante o armazenamento, indicando o amadurecimento do produto.

Os valores da energia referentes ao teste de punção das atemóias variaram entre 85,00 e 13,33 mJ. Esta variável apresentou comportamento semelhante ao da força e ao módulo proporcional de deformidade, ou seja, diminuíram seus valores com o tempo de armazenagem (Figura 1.15).

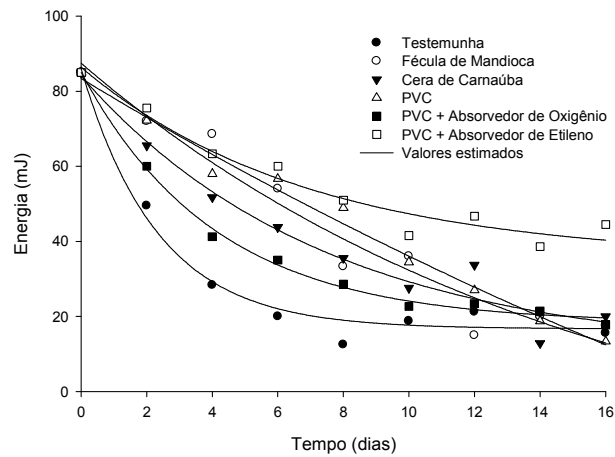


Figura 1.15 - Valores médios observados e estimados da energia necessária para romper a periderme das atemóias em diferentes tempos de armazenamento a 15°C.

A Tabela 1.8 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de força e energia de rompimento da periderme das atemóias, ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Observa-se na Tabela 1.8 que tanto a força como a energia para romper a periderme das atemóias decresceu exponencialmente durante o armazenamento nas condições deste trabalho. Ademais, as equações de regressão apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação, indicando que as mesmas são aptas para representar o fenômeno estudado.

### 3.4. Propriedades mecânicas dos frutos armazenados a 25°C

#### 3.4.1. Análises não destrutivas

Assim como na temperatura de 15°C, os tratamentos pós-colheita apresentaram efeito significativo para a firmeza dos frutos, variando seus valores durante o seu armazenamento. Os valores médios observados da força máxima necessária para promover uma deformação específica de 0,005 m nos frutos da atemóia variaram entre 140,99 e 9,68 N, conforme apresentado na Figura 1.16.

Tabela 1.8 - Equações ajustadas aos valores experimentais de força de penetração ( $\hat{F}_c$ ) e energia ( $\hat{\xi}_c$ ) de rompimento da periderme das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{F}_c = 5,4732 + 44,0404\exp(-0,3490^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 16,7089 + 69,2006\exp(-0,4266^{**}t)$	0,9879 0,9796
Fécula de mandioca	$\hat{F}_c = 1,6720 + 47,8432\exp(-0,1558^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = -27,2160 + 114,6614\exp(-0,0656^{**}t)$	0,9942 0,9506
Cera de carnaúba	$\hat{F}_c = 3,7581 + 44,4989\exp(-0,1868^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 39,8221 + 74,2042\exp(-0,1340^{**}t)$	0,9827 0,9611
PVC	$\hat{F}_c = -5,7275 + 56,5509\exp(-0,1046^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = -148,2494 + 231,6390\exp(-0,0229^{**}t)$	0,9718 0,9870
PVC + absorvedor de oxigênio	$\hat{F}_c = 6,0092 + 43,6142\exp(-0,2455^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 18,2547 + 66,7545\exp(-0,2438^{**}t)$	0,9859 0,9958
PVC + absorvedor de etileno	$\hat{F}_c = 8,6119 + 40,3846\exp(-0,7650^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 35,2164 + 51,1342\exp(-0,1439^{**}t)$	0,9644 0,9586

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

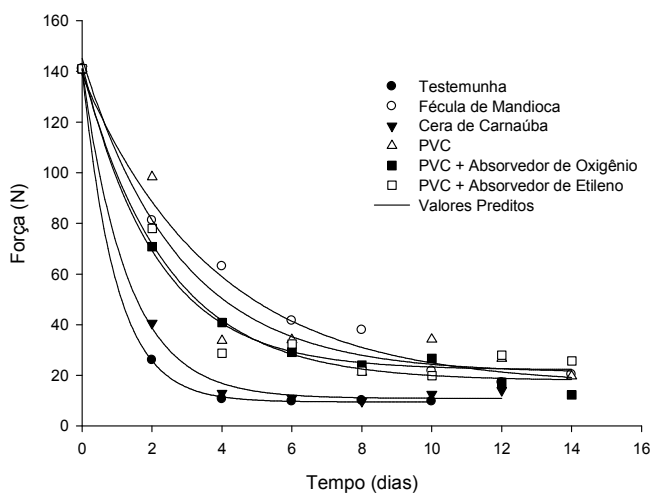


Figura 1.16 - Valores médios observados e estimados da firmeza das atemóias em diferentes tempos de armazenamento a 25°C.

A perda de firmeza é relacionada à quebra das membranas e das paredes celulares dos frutos. A quebra das membranas está associada diretamente com a perda de turgescência (perda de massa), enquanto alterações enzimáticas nas células causam a perda da integridade do produto ao longo do tempo (VAN DIJK; TIJSKENS, 2000). Este fato também é explicável pelo metabolismo climatérico das Atemóias, que faz com que os ácidos orgânicos sejam utilizados na respiração e as pectinas da parede celular sofram degradação enzimática, o que reduz a firmeza (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tendo em vista que a força mínima para a condição de comercialização do fruto é 20 N, observa-se que as Atemóias do lote testemunha armazenadas a 25°C apresentaram características aceitáveis relativas à textura até o 4º dia. Com o uso dos tratamentos utilizados no presente trabalho, os frutos perduraram por um tempo maior. Especificamente, os frutos tratados com revestimento comestível de fécula de mandioca são comercializáveis até o 10º dia; para os frutos tratados com cera de carnaúba esse fato ocorreu até o 4º dia; frutos embalados com PVC se conservaram até o 12º dia, fato que também ocorreu com os frutos embalados com PVC+Absorvedor de Oxigênio os frutos tratados com embalagens de PVC+Absorvedor de Etileno permaneceram aceitáveis até o 14º dia de armazenamento.

A Figura 1.17 apresenta os valores médios observados e estimados do módulo proporcional de deformidade (MPa) em função do tempo de armazenamento, para uma deformação específica de 0,005 m.

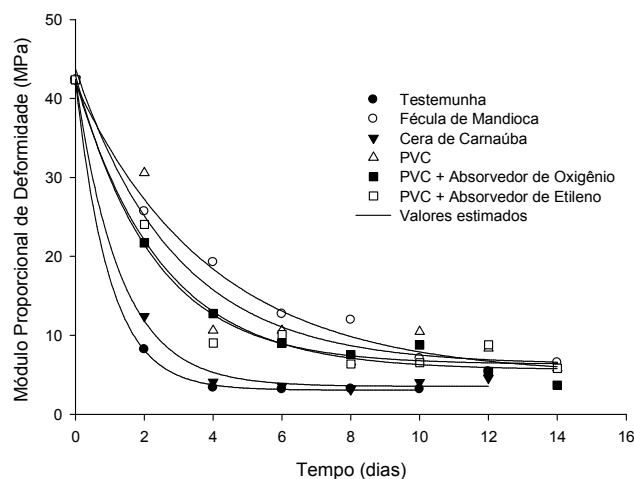


Figura 1.17 - Valores médios observados e estimados do módulo proporcional de deformidade para os frutos da Atemóia em diferentes tempos de armazenamento a 25°C.

Percebe-se que, nas duas temperaturas utilizadas neste trabalho, os frutos não tratados apresentaram menores valores de módulo proporcional de deformidade, indicativo de que estes frutos, em média, são menos firmes que os frutos tratados, comprovando que os tratamentos pós-colheita foram eficientes no que diz respeito à conservação das características texturais das atemóias. Os valores do módulo proporcional de deformidade variaram entre 42,37 a 3,19 MPa.

A energia referente ao teste de compressão das atemóias decresceu ao longo do armazenamento, apresentando valores entre 271,11 e 22,22 mJ (Figura 1.18).

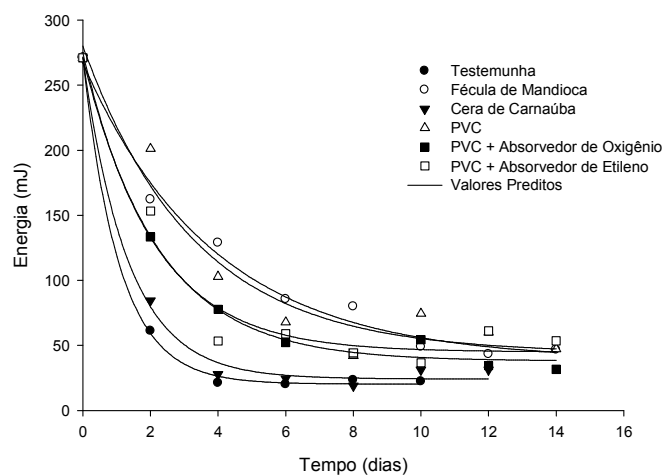


Figura 1.18 - Valores médios observados e estimados da energia necessária de compressão para uma deformação específica de 0,005 m para os frutos da atemóia em diferentes tempos de armazenamento a 25°C.

A Tabela 1.9 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de firmeza, energia e do módulo proporcional de deformidade das atemóias não submetidos (testemunha) e submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita.

Observa-se na Tabela 1.9 que tanto a força como a energia para romper a periderme das atemóias decresceu exponencialmente durante o armazenamento nas condições deste trabalho. Ademais, as equações de regressão apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação, indicando que as mesmas são aptas para representar o fenômeno estudado.

Tabela 1.9 - Equações ajustadas aos valores experimentais de firmeza (F), energia ( $\xi$ ) e módulo proporcional de deformidade ( $E_p$ ) das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{F} = 9,5099 + 131,4921\exp(-1,0451^{**}t)$	0,9999
	$\hat{\xi} = 20,2409 + 251,0013\exp(-0,9285^{**}t)$	0,9991
	$\hat{E}_p = 3,0787 + 39,3040\exp(-1,0243^{**}t)$	0,9999
Fécula de mandioca	$\hat{F} = 16,0988 + 122,5051\exp(-0,2628^{**}t)$	0,9876
	$\hat{\xi} = 38,5324 + 228,5315\exp(-0,2576^{**}t)$	0,9883
	$\hat{E}_p = 4,9559 + 36,9077\exp(-0,2524^{**}t)$	0,9904
Cera de carnaúba	$\hat{F} = 10,9153 + 130,2824\exp(-0,7711^{**}t)$	0,9975
	$\hat{\xi} = 24,2563 + 247,3935\exp(-0,7464^{**}t)$	0,9953
	$\hat{E}_p = 3,5535 + 38,8876\exp(-0,7734^{**}t)$	0,9971
PVC	$\hat{F} = 20,9783 + 124,1154\exp(-0,3600^{**}t)$	0,9454
	$\hat{\xi} = 43,9301 + 236,2125\exp(-0,3036^{**}t)$	0,9544
	$\hat{E}_p = 6,3166 + 37,4253\exp(-0,3440^{**}t)$	0,9404
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{F} = 17,9287 + 122,6462\exp(-0,4104^{**}t)$	0,9930
	$\hat{\xi} = 37,9437 + 232,9593\exp(-0,4434^{**}t)$	0,9943
	$\hat{E}_p = 5,6428 + 36,5980\exp(-0,4007^{**}t)$	0,9903
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{F} = 22,1980 + 120,4820\exp(-0,4700^{**}t)$	0,9768
	$\hat{\xi} = 44,9480 + 230,1435\exp(-0,4803^{**}t)$	0,9673
	$\hat{E}_p = 6,3455 + 36,5378\exp(-0,4402^{**}t)$	0,9760

\*\* Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "t".

### 3.4.2. Análise destrutiva

A partir do teste de punção também se observou diferenças entre os frutos não submetidos a tratamentos pós-colheita (Testemunha) e os frutos submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita. Este fato se deve às diferentes transformações que os frutos sofrem durante o amadurecimento nas distintas condições de armazenamento. Os tratamentos pós-colheitas atrasaram o amadurecimento das atemóias, mantendo as características texturais de forma geral.

A Figura 1.19 apresenta os valores médios observados da força de penetração da periderme das atemóias, submetidos e não submetidos a tratamentos pós-colheita, ao longo do armazenamento a 25°C.

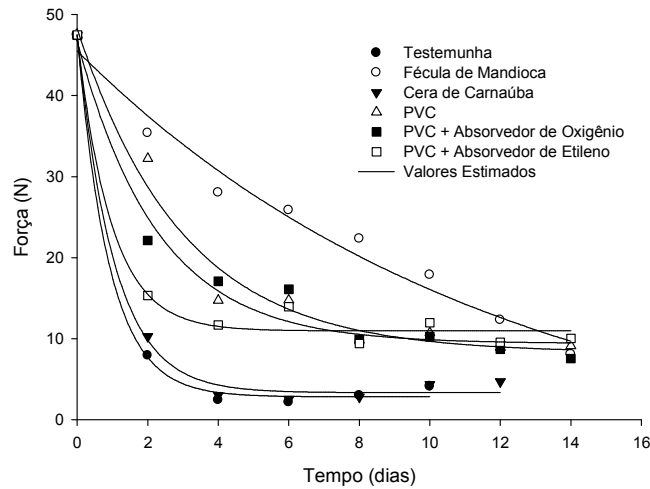


Figura 1.19 - Valores médios observados e estimados da força de penetração da periderme das atemóias em diferentes tempos de armazenamento a 25°C.

Os valores da força de penetração da periderme das atemóias variaram entre 47,44 e 4,13 N. Assim como ocorreu com os frutos armazenados a 15°C, os valores de força de penetração diminuíram durante o armazenamento. No entanto, o decréscimo dos valores de força de rompimento da periderme das atemóias armazenadas a 25°C se deu de forma mais abrupta quando comparado aos frutos armazenados a 15°C. Este comportamento se deve à maior temperatura de armazenagem que induz a síntese de ácidos orgânicos, acarretando em um amadurecimento acelerado, perdendo assim a turgescência de maneira acentuada. Tal qual o ocorrido com a força, a energia (Figura 1.20) para romper a periderme das atemóias decresceu significativamente com o tempo de armazenamento. Os valores de energia encontrados variaram entre 76,66 a 12,22 mJ.

A Tabela 1.10 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de força e energia de rompimento da periderme das atemóias, ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

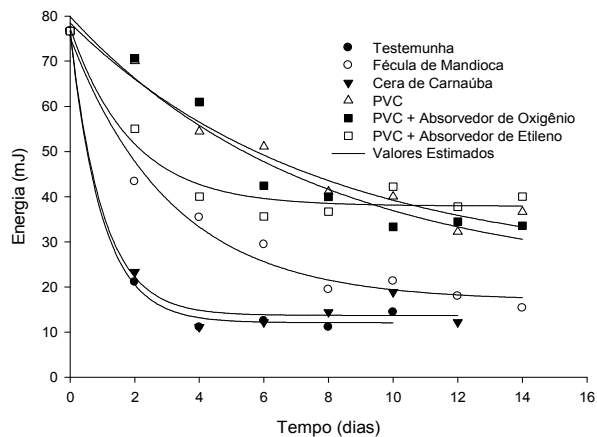


Figura 1.20 - Valores médios observados e estimados da energia necessária para romper a periderme das atemóias em diferentes tempos de armazenamento a 25°C.

Tabela 1.10 - Equações ajustadas aos valores experimentais de força de penetração ( $F_c$ ) e energia ( $\xi_c$ ) de rompimento da periderme das atemóias em função do tempo de armazenamento ( $t$ ), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{F}_c = 2,8403 + 44,6426\exp(-1,1083^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 12,0991 + 64,6030\exp(-1,0159^{**}t)$	0,9980 0,9966
Fécula de mandioca	$\hat{F}_c = -6,3292 + 51,8455\exp(-0,0839^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 16,9778 + 58,3381\exp(-0,3183^{**}t)$	0,9761 0,9810
Cera de carnaúba	$\hat{F}_c = 3,3474 + 44,1564\exp(-0,9594^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 13,7142 + 63,0278\exp(-1,0001^{**}t)$	0,9963 0,9858
PVC	$\hat{F}_c = 8,2790 + 40,0226\exp(-0,3351^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 24,7791 + 53,6860\exp(-0,1313^{**}t)$	0,9760 0,9679
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{F}_c = 9,4140 + 37,3550\exp(-0,4381^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 21,5835 + 58,3239\exp(-0,1336^{**}t)$	0,9743 0,9493
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{F}_c = 10,9675 + 36,4901\exp(-1,0438^{**}t)$ $\hat{\xi}_c = 37,9424 + 39,3871\exp(-0,5265^{**}t)$	0,9872 0,9567

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

Observa-se que, assim como para a firmeza, o módulo proporcional de deformidade e energia necessária para manter uma deformação específica de 0,005 m para os frutos armazenados a 25°C, a força de penetração da periderme das atemóias e a energia para este rompimento também apresentaram um comportamento de queda exponencial ao longo do armazenamento. Verifica-se também que as equações de regressão apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação, indicando que as mesmas são aptas para representar o fenômeno estudado.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foi realizado o experimento, conclui-se que para os frutos de atemóia armazenadas a 15°C e 25°C, a utilização de atmosfera modificada em embalagens ativas contendo absorvedor de etileno apresenta melhores resultados na conservação dos frutos, fato este baseado nos parâmetros texturais e na perda de massa. De forma geral, os frutos armazenados a 15°C obtiveram melhores repostas com relação à conservação das características texturais. Os frutos tratados com revestimento comestível de cera de carnaúba tiveram piores respostas em retardar o amaciamento da polpa, tendo, conseqüentemente, vida de prateleira reduzida para as duas temperaturas de armazenamento avaliadas. O modelo generalizado de Maxwell representa bem o processo de relaxação em todas as condições estudadas, descrevendo adequadamente as alterações das atemóias ao longo do armazenamento.

#### 5. REFERÊNCIAS

ABBOTT, J.A. Quality measurement of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 207-225, 1999.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS – ASAE. **Agricultural engineers yearbook of standards**. St. Joseph, 1994. 819 p.

ANTONIOLLI, L.R. et al. Influência da embalagem de polietileno na remoção da adstringência e na qualidade de caquis (*Diospyrus kaki*), cv. Giombo, armazenados sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 293-297, 2001.

BHATTACHARYA, S. Stress relaxation behaviour of moth bean flour dough: product characteristics and suitability of model. **Journal of Food Engineering**, v. 97, n. 4, p. 539-546, 2010.

BATU, A. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 471-475, 2004.

BELLIDO, G.G.; HATCHER, D.W. Asian noodles: revisiting Peleg's analysis for presenting stress relaxation data in soft solid foods. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 1, p. 29-36, 2009a.

BELLIDO, G.G.; HATCHER, D.W. Stress relaxation behaviour of yellow alkaline noodles: effect of deformation history. **Journal of Food Engineering**, v. 93, n. 4, p. 460-467, 2009b.

BORWINKAR, R.P. Food texture and rheology: a tutorial review. **Journal of Food Engineering**, v. 16, n. 1/2, p. 1-16, 1992.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 2002. 427 p.

BOWER, J.H.; JOBLING, J.J.; PATTERSON, B.D.; RYAN, D.J. A method for measuring the respiration rate and respiratory quotient of detached plant tissues. **Postharvest Biology and Technology**, v. 13, p. 263-270, 1998.

BRAVERMAN, J.B.S.; BERK, Z. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. México: El Manual Moderno, 1980. 358 p.

CAMPUS, M.; ADDIS, M.F.; CAPPUCCINELLI, R.; PORCU, M.C.; PRETTI, L.; TEDDE, V.; SECCHI, N.; STARA, G.; ROGGIO, T. Stress relaxation behaviour and structural changes of muscle tissues from Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.) following high pressure treatment. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 192-198, 2010.

CARVALHO, A.V. et al. Influência da atmosfera modificada e do CaCl<sub>2</sub> sobre a qualidade pós-colheita de tangor "Murcote". **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 909-916, 2001.

CESPI, M.; BONACUCINA, G.; MISICI-FALZI, M.; GOLZI, R.; BOLTRI, L.; PALMIERI, G.F. Stress relaxation test for the characterization of the viscoelasticity of pellets. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 67, n. 2, p. 476-484, 2007.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1976. 334 p.

CHEN, C.R.; RAMASWAMY, H.S. Color and texture change kinetics in ripening bananas. **LWT – Food Science and Technology**, v. 35, n. 5, p. 415- 419, 2002.

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

COUTO, S.M.; BATISTA, C.S.; PEIXOTO, A.B.; DEVILLA, I.A. Comportamento mecânico de frutos de café: módulo de deformidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 285-294, 2002.

CUNNINGHAM, S.E.; McMINN, W.A.M.; RICHARDSON, P.S. Modelling water absorption of pasta during soaking. **Journal of Food Engineering**, v. 82, p. 600-607, 2007.

DE KETELAERE, B.; HOWARTH, M.S.; CREZEE, L.; LAMMERTYN, J.; VIAENE, K.; BULENS, I.; DE BAERDEMAEKER, J. Postharvest firmness changes as measured by acoustic and low-mass impact devices: a comparison of techniques. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 275-284, 2006.

DEL NOBILE, M.A.; CHILLO, S.; MENTANA, A.; BAIANO, A. Use of the generalized Maxwell model for describing the stress relaxation behavior of solid-like foods. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 978-983, 2007.

DESMET, M.; LAMMERTYNA, J.; VAN LINDEN, V.; VERLINDEN, B.E.; DARIUS, P.; NICOLAI, B.M. The relative influence of stem and fruit properties on stem puncture injury in tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 101-109, 2004.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1998. 736 p.

ERRINGTON, N.; MITCHELL, J.R.; TUCKER, G.A. Changes in the force relaxation of tomatoes during ripening: the effect of continual testing and polygalacturonase activity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 2, p. 141-147, 1997.

FALLIK, E. et al. The effectiveness of postharvest hot water dips on the control of gray and black moulds in sweet red pepper (*Capsicum annuum*). **Plant Pathology**, v. 45, n. 4, p. 644-649, 2004.

FUSTIER, P.; CASTAIGNE, F.; TURGEON, S.L.; BILIADERIS, C.G. Impact of commercial soft wheat flour streams on dough rheology and quality attributes of cookies. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 2, p. 228-237, 2009.

HERTOG, M.L.A.T.M.; BEN-ARIE, R.; RÓTH, E.; NICOLAI, B.M. Humidity and temperature effects on invasive and non-invasive firmness measures. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, n. 1, p. 79-91, 2004.

HICSASMAZ, Z.; RIZVI, S.S.H. Effect of size and shape on modulus of deformability. **LWT – Food Science and Technology**, v. 38, p. 431-435, 2005.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L.G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 98-108, 2007.

KLUGE, R.A.; SCARPARE FILHO, J.A.; MARQUES, C. Uso de diferentes embalagens plásticas em pêssegos 'Flordaprince' refrigerados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 843-850, 1999.

LANA, M.M.; TIJSKENS, L.M.M.; VAN KOOTEN, O. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 87-95, 2005.

LIEN, C-C.; AY, C.; TING, C-H. Non-destructive impact test for assessment of tomato maturity. **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 402-407, 2009.

LIMA, M. A.; DURIGAN, J. F. Conservação de goiaba 'Pedro Sato' associando-se refrigeração com diferentes embalagens plásticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 232-236, 2000.

MAYOR, L.; CUNHA, R.L.; SERENO, A.M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. **Food Research International**, v. 40, p. 448-460, 2007.

MELO, E. A.; LIMA, V.L.A.G.; NASCIMENTO, P. Temperatura no armazenamento de pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 629-634, 2002.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S.A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 4, p. 513-518, 2005.

MOHSENIN, N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2 ed. New York: Gordon and Breach, 1986. 534 p.

OLIVEIRA, G.H.H.; CORRÊA, P.C.; BAPTESTINI, F.M.; FREITAS, R.L.; VASCONCELLOS, D.S.L. Controle do amadurecimento de goiabas 'Pedro Sato' tratadas por frio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 9, p. 1-15, 2010.

PAOLETTI, F.; MONETA, E.; BERTONE, A.; SINESIO, F. Mechanical properties and sensory evaluation of selected apple cultivars. **LWT – Food Science and Technology**, v. 26, n. 3, p. 264-270, 1993.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C. Modelagem matemática do processo de hidratação de sementes de feijão. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 373-378, 2007.

RODRÍGUEZ-SANDOVAL, E.; FERNÁNDEZ-QUINTERO, A.; CUVELIER, G. Stress relaxation of reconstituted cassava dough. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 202-206, 2009.

SADOWSKA, J.; BIAŁOBRZEWSKI, I.; JELINSKI, T.; MARKOWSKI, M. Effect of fat content and storage time on the rheological properties of Dutch-type cheese. **Journal of Food Engineering**, v. 94, n. 3/4, p. 254-259, 2009.

SCHOUTEN, R.E.; HUIJBEN, T.P.M.; TIJSKENS, L.M.M.; VAN KOOTEN, O. Modelling quality attributes of truss tomatoes: linking colour and firmness maturity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 298-306, 2007.

SILVA, M.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; PEDROZA, J.P.; NASCIMENTO, J.P.T. Resfriamento e propriedades termofísicas do cajá (*Spondias lutea* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 2, p. 175-185, 2002.

SOUSA, P.J.; 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**, v. 24, n. 3, p. 665-668, 2002.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. East Lansing, MI: Freeman Press, 1996. 418 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood: Benjamin/ Cummings, 2004. 565 p.

VAN DIJK, C.; TIJSKENS, L.M.M. Mathematical modeling of enzymatic reactions as related to texture after storage and mild preheat treatment. In: ALZAMORA, S.M.; TAPIA, M.S.; LOPEZ-MALO, A. (Eds.). **Minimally processed fruits and vegetables**. Maryland, USA: Aspen Publishers, 2000. p. 127-152.

VAN DIJK, C.; BOERIU, C.; PETER, F.; STOLLE-SMITS, T.; TIJSKENS, L.M.M. The firmness of stored tomatoes (cv. Tradiro). 1. Kinetic and near infrared models to describe firmness and moisture loss. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 575-584, 2006.

VAN ZEEBROECK, M.; VAN LINDEN, V.; DARIUS, P.; DE KETELAERE, B.; RAMON, H.; TIJSKENS, E. The effect of fruit properties on the bruise susceptibility of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 168-175, 2007.

VOISEY, P.W. The Ottawa texture measuring system. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v. 4, p. 91-103, 1971.

WANG, J.; TENG, B.; YU, Y. The firmness detection by excitation dynamic characteristics for peach. **Food Control**, v. 17, p. 353-358, 2006.

WILKINSON, C.; DIJKSTERHUIS, G.B.; MINEKUSY, M. From food structure to texture. **Trends in Food Science e Technology**, v. 11, n. 12, p. 442-450, 2000.

YAMASHITA, F.; MIGLIORANZA; L.H.S., MIRANDA; L.A.; SOUZA, C.M.A. Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya, **Rev. Bras. Frutic.**, v. 24, n. 3, p. 658-660, 2002.

## CAPÍTULO 2

### **EVOLUÇÃO DA COR DA CASCA E POLPA, ACIDEZ TOTAL, PH, SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS DAS ATEMÓIAS ARMazenadas EM EMBALAGENS ATIVAS CONTENDO ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO E ETILENO, E REVESTIDOS COM FÉCULA DE MANDIOCA E CERA DE CARNAÚBA EM DUAS TEMPERATURAS**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A atemóia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.), resultante do cruzamento entre a fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) e acherimóia (*Annona cherimola* Mill.) (STENZEL et al., 2003), apresenta como principais características a sua adaptação climática intermediária a dos seus parentes, a qualidade da cherimóia e a rusticidade e facilidade de produção da fruta do conde. Essa adaptação climática intermediária traduz-se numa relevante vantagem, pois, com isso, a atemóia pode ser cultivada tanto nos trópicos como nos subtropicais (MOSCA et al., 2008). Por ser uma mistura entre duas espécies, suas características são muito variáveis entre os cultivares; apresenta, em relação à fruta-do-conde, a vantagem de ser mais saborosa, conter menor número de sementes, maior vida útil e maior produtividade (MOSCA et al., 2006).

A coloração de frutos, juntamente com a textura dos mesmos, é a característica externa mais importante que permite determinar o amadurecimento e estimar a vida pós-colheita, sendo por sua vez um fator importante na decisão de compra por parte do consumidor. Esta característica pode ser correlacionada com o estágio de amadurecimento das atemóias, podendo ser analisada objetivamente por diferentes sistemas. O sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), confeccionado em 1931 e aperfeiçoado em 1976, que utiliza as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , é o mais difundido no meio científico, sendo mensurado através de colorímetro. O grau de coloração pode também ser avaliado visualmente, porém este método gera controvérsias devido à sua subjetividade e dependência direta de critérios do avaliador, bem como de diferentes normas de classificação entre estados e países.

O teor de sólidos solúveis totais também é utilizado como índice de amadurecimento, sendo mensurado através da escala numérica Brix. A escala Brix é utilizada na indústria de alimentos para medir a quantidade aproximada de açúcares em sucos de fruta, vinhos e na indústria de açúcar. A temperatura e a umidade relativa do

ambiente de armazenamento são fatores que influenciam no Sólido Solúvel Total, uma vez que, em baixas temperaturas, as atividades metabólicas são retardadas, reduzindo a síntese e a degradação dos polissacarídeos e carboidratos, afetando assim o teor de sólidos solúveis. Outro importante parâmetro que afeta o sabor dos produtos agrícolas, além do teor de sólidos solúveis totais, é a acidez. Segundo Hobson e Davies (1971), a acidez de determinado produto pode ser mensurada pelo pH e acidez titulável. Estes testes detectam o ácido predominante no alimento (ácidos orgânicos).

O uso de embalagens plásticas pode ser uma alternativa para aumentar a conservação das atemóias devido à modificação da atmosfera em seu interior, com a elevação de CO<sub>2</sub> e diminuição nos níveis de O<sub>2</sub>, que constituem barreiras ao movimento de vapor de água, mantendo a umidade relativa alta e o turgor nos frutos. Baixas concentrações de O<sub>2</sub> e altas de CO<sub>2</sub> não causam estresse fisiológico aos tecidos dos frutos, mas reduzem a respiração e as taxas de produção de etileno e retardam as mudanças de composição associadas a cor, firmeza, sabor e qualidade nutricional dos frutos (KADER, 1995).

A utilização de absorvedores de etileno à base de permanganato de potássio pode ser uma alternativa utilizada para conservar os frutos das anonáceas, são utilizados na forma de sachês impregnados com materiais como vermiculita e perlita. O permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>) é um absorvedor de etileno que impede a ação do regulador de crescimento, tendo ampla utilização no armazenamento de frutos e hortaliças. Em contato com o permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>), o etileno leva a formação de acetaldeído (CH<sub>3</sub>CHO), que é oxidado a ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) e, posteriormente, convertido em água (H<sub>2</sub>O) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>). O permanganato de potássio, após a reação com etileno, passa da cor violeta ao marrom, indicando que os sachês devem ser trocados.

O uso de filmes com incorporação de absorvedores de O<sub>2</sub> ou sachês contendo substâncias facilmente oxidáveis possibilita reduzir a concentração de O<sub>2</sub> abaixo dos níveis críticos para descoloração de carnes (GILL; MCGINNIS, 1995; LABUZA; BRENNE, 1986). Segundo Venturini (2003), a maioria dos absorvedores de oxigênio disponíveis comercialmente é baseada no princípio da oxidação de ferro sendo encontrados na forma de pequenos sachês, contendo agentes redutores como óxido de ferro, componentes ferrosos ou platina, combinados com vários catalisadores que dão início à reação. Segundo Vermeiren et al. (1999), os sachês feitos de materiais permeáveis ao ar são colocados no interior das embalagens onde reagem com vapor de

água proveniente dos alimentos, formando agentes redutores metálicos ativos, que capturam o oxigênio convertendo-o em óxidos mais estáveis.

Algumas técnicas são comumente associadas à refrigeração, como o recobrimento com ceras especiais. As ceras, além de atuarem como barreiras à transmissão de vapor de água e gases (HAGENMAIER, 2000), formam uma camada mais espessa na casca dos frutos (AMARANTE et al., 2001), o que possibilita reduzir a perda de massa (XU et al., 2001). Além disso, podem modificar a atmosfera no interior do fruto, reduzindo o metabolismo (WILLS et al., 1998). A combinação de atmosfera modificada, pelo uso de ceras ou embalagens plásticas, com refrigeração tem mostrado efeitos positivos em prolongar a vida de prateleira de anonáceas como a graviola (LIMA et al., 2004; SILVA et al., 2001), atemóia (SILVA et al., 2009) e pinha (SILVA et al., 2010).

As tentativas de aumentar a vida útil de frutos de Anonáceas devem levar em consideração as peculiaridades dos frutos, desde a sua formação até a fisiologia de maturação e seus atributos de qualidade físicos e químicos, pois por meio desses parâmetros é que podem ser definidos os procedimentos de colheita e pós-colheita (ALVES et al., 1997).

Diante da necessidade de manter a qualidade comercial de atemóias por um tempo maior de armazenamento para facilitar a comercialização das mesmas, objetivou-se com este trabalho verificar a influência do uso de revestimentos comestíveis e embalagens ativas na qualidade dos frutos durante o armazenamento a 15°C e 25°C, por meio da caracterização da cor da casca e da polpa, da quantificação do teor de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH, relacionando o comportamento das propriedades estudadas com o estágio de amadurecimento das atemóias.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, MG.

## 2.1. Matéria-prima

Foram utilizadas atemóias da cultivar ‘Gefner’, provenientes do município de Janaúba, Norte de Minas Gerais, colhidos manualmente no estágio de maturação verde maduro. Os frutos foram posteriormente selecionados, retirando-se aqueles com danos ou injúrias visíveis, a fim de se obter amostras homogêneas e de melhor qualidade.

## 2.2. Aplicação dos tratamentos pós-colheita

Após a seleção os frutos foram divididos em seis lotes:

- (FM) tratados com aplicação de revestimento comestível de fécula de mandioca;
- (CC) tratados com aplicação de revestimento comestível de cera de carnaúba;
- (PVC) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila);
- (PVC+AO) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio;
- (PVC+AE) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno;
- (TE) sem tratamento, lote testemunha.

Para aplicação do revestimento comestível de fécula de mandioca foi preparada uma solução de 4% (m/m) deste produto e 1% (m/m) de glicerol, por meio de aquecimento com agitação das suspensões até 70°C, de modo a ocorrer a gelatinização da fécula. Em seguida, a suspensão permaneceu em repouso até o resfriamento à temperatura ambiente. Os frutos foram imersos nas suspensões por um minuto e colocados para repousar por 10 horas em bandejas teladas à temperatura ambiente.

Na aplicação do revestimento comestível de cera de carnaúba foi utilizada base de cera de carnaúba (*Fruit wax*) 18%, diluída na proporção 1:2 (v/v). Utilizou-se um borrifador doméstico para aplicação da solução, sendo a amostra revirada manualmente para assegurar uma cobertura uniforme dos frutos.

Após os frutos serem tratados com fécula de mandioca e cera de carnaúba, os mesmos, assim como os frutos utilizados como testemunha, foram acondicionados em bandejas de isopor com dimensão 24x18 cm, dando um total de 24 bandejas com três frutos em cada.

Para os frutos embalados com filmes de PVC foram utilizados bandejas de isopor com três frutos em cada bandeja, revestidas com filmes de PVC da marca Filmito que possui espessura de 10 µm, cada bandeja continha três frutos. Nos tratamento que se utilizou absorvedores de oxigênio, os sachês contendo absorvedores de oxigênio

adquiridos da empresa Soft Post do Brasil Ltda., com concentração de 600cc, foram colocados nas bandejas de isopor revestidas por filmes de PVC, num total de 24 bandejas.

Os sachês contendo absorvedor de etileno foram feitos no laboratório, utilizando-se o permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) como reagente. Foram preparados 24 sachês com 8 g de permanganato de potássio 5 g de vermiculita. Após ser pesado, o  $\text{KMnO}_4$  foi dissolvido em água destilada, sendo esta solução misturada com a vermiculita e levada para estufa a  $80^\circ\text{C}$  para a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi dividida em porções de 13 g para cada saquinho de TNT utilizados na confecção dos sachês. Em seguida, os sachês foram armazenados em vidros hermeticamente fechados onde permaneceram até o momento da instalação do experimento.

Posteriormente, os frutos foram armazenados em duas temperaturas:  $15 \pm 1^\circ\text{C}$  (temperatura recomendada para o armazenamento de atemóias) e à temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  (simulando condições ambientais de venda), por 16 dias, em câmaras tipo BOD. A umidade relativa no interior das câmaras foi mantida em  $85 \pm 5\%$ . As análises dos frutos foram realizadas de dois em dois dias após o acondicionamento dos frutos por duas horas sob temperatura ambiente, para se evitar os efeitos da temperatura de armazenagem na medição dos parâmetros.

## **2.3. Análises**

### **2.3.1. Avaliação da cor**

Utilizou-se um colorímetro tristímulo, com leitura direta de reflectância da coordenada  $L^*$  (luminosidade) em uma escala de 0 (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). Os valores intermediários compreendem a uma escala de cinza. A coordenada  $a^*$  (tonalidades vermelha/verde) e  $b^*$  (tonalidades amarela/azul) também foram mensuradas, empregando a escala Hunter-Lab (Figura 2.1) e utilizando o iluminante  $10^\circ/\text{D}60$ . As determinações foram feitas diariamente em três pontos equidistantes da zona equatorial de cada fruto.

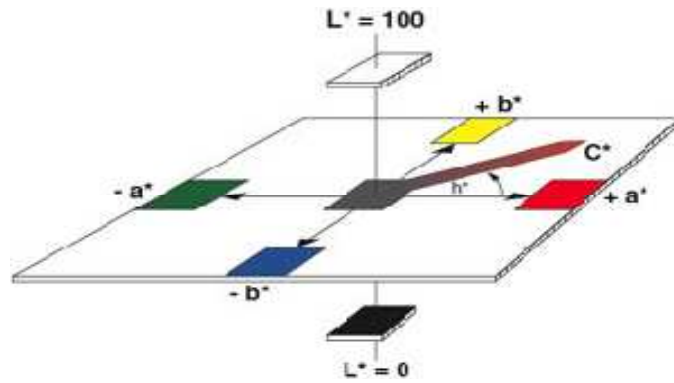


Figura 2.1 - Sólido de cores do sistema CIE L\*a\*b\* e descrição do ângulo hue ( $h^*$ ) e do índice de saturação cromática ( $C^*$ ).

A partir dos valores de  $a^*$  e  $b^*$ , foram calculados os índices colorimétricos: o cromático ( $C^*$ ) (Equação 2.1), que define a intensidade e a pureza de uma cor; e o ângulo hue ( $h^*$ ) (Equação 2.2), que define a tonalidade da cor:  $0^\circ$  (vermelho),  $90^\circ$  (amarelo),  $180^\circ$  (verde) e  $270^\circ$  (azul); o  $\Delta E$ , que é a diferença total de cor levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento dos frutos (Equação 2.3).

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2.1)$$

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (2.2)$$

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (2.3)$$

### 2.3.2. Determinação do teor de sólidos solúveis totais

Para a determinação do teor de sólidos solúveis totais presente na polpa de atemóia foi utilizado refratômetro portátil, marca Nova, modelo 113, para a leitura de valores de  $^\circ\text{Brix}$ , corrigido para  $20^\circ\text{C}$ , segundo procedimento indicado por Zenebon et al. (2008).

### **2.3.3. Determinação da acidez total titulável**

A acidez total titulável foi determinada em percentagem de ácido cítrico, pela titulação de alíquota de 10 g de amostra em 90 mL de água destilada com solução 0,1N de NaOH, em presença de fenolftaleína (AOAC, 2002).

### **2.3.4. Determinação do pH**

Para a determinação do pH presente na polpa da atemóia foi utilizado um pHmetro digital (MODELO PH 21, HANNA INSTRUMENTS, SÃO PAULO, BRASIL).

### **2.3.5. Análise estatística**

O experimento foi realizado, para cada temperatura, em um esquema fatorial 6x9 (seis tratamentos e nove tempos) para a análise de coloração das atemóias, sólidos totais, acidez titulável e pH, no delineamento inteiramente casualizado, em nove repetições para a análise. Os dados experimentais foram interpretados por meio de análise de variância e regressão.

Entre a testemunha e os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando o nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa SAEG®. Para a comparação do tempo de armazenamento, as médias foram submetidas à análise de regressão, utilizando-se o programa SIGMAPLOT 11.0. Os modelos foram escolhidos baseados no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), na significância dos parâmetros e nos fenômenos em estudo.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Armazenamento a 25°C**

#### **3.1.1. Evolução da cor da casca e da polpa das atemóias**

A atemóia está incluída no grupo de frutos climatérios, em que seu amadurecimento ocorre mesmo após a sua colheita. Assim, a alteração na coloração da

casca e polpa das atemoias se torna um importante avaliador não destrutivo do estado de amadurecimento dos mesmos.

A Figura 2.2 apresenta variação da luminosidade da casca (A) e da polpa (B) dos frutos da atemoias submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenados a 25°C.

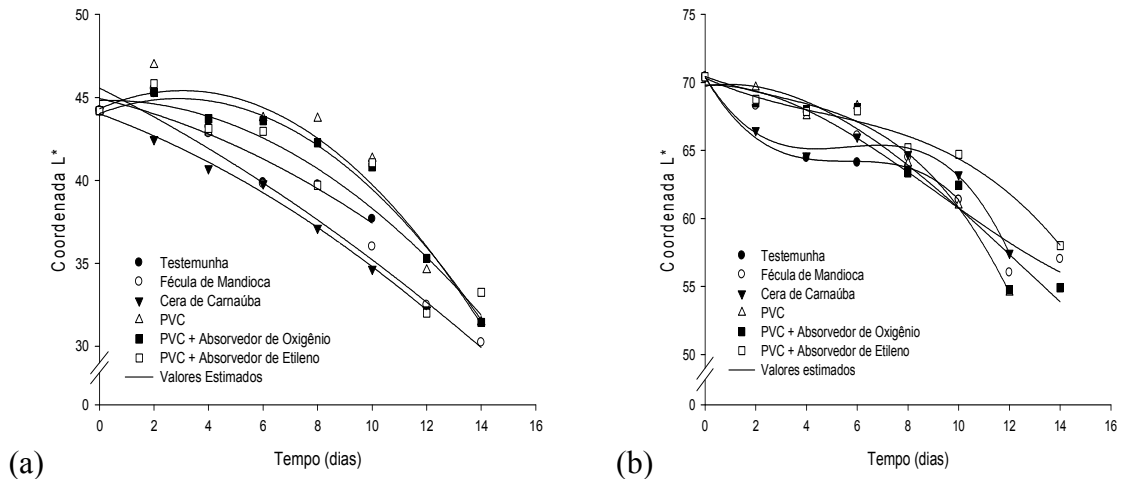


Figura 2.2 - Valores observados e estimados da coordenada L\* da casca (A) e da polpa (B) das atemoias armazenadas a 25°C.

As alterações na coordenada L\* na casca das atemoias (Figura 2.2a), que representa a luminosidade do corpo analisado, foram discrepantes, uma vez que os frutos do lote testemunha e tratados com revestimento comestível de fécula de mandioca e cera de carnaúba sofreram um maior decréscimo em seus valores comparado com os frutos tratados com embalagens ativas, com os valores de luminosidade decaindo 31,6%, 27,2% e 28,5%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e de etileno tiveram uma menor evolução desse parâmetro, com decréscimo de 21,76%, 20,14% e 24,81%, respectivamente. Esse comportamento é devido às limitações de trocas gasosas causada pela embalagem, que retarda transformações bioquímicas, como a degradação da clorofila e aparecimento de pigmentos carotenoides responsáveis pelo escurecimento da casca.

A avaliação da luminosidade da casca se torna um importante parâmetro de qualidade para os frutos da família das anonáceas, uma vez que o escurecimento da casca desses frutos ocorre de forma rápida e evidente. O uso de técnicas como o uso de

embalagens ativas, se torna necessárias, com o intuito de retardar o escurecimento da casca desse tipo de fruto.

Observando a Figura 2.2b, percebe-se que a evolução da luminosidade da polpa das atemóias foi menos acentuada comparada com a casca. Os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram um decréscimo da luminosidade da polpa de 13,42%, 12,84% e 10,21%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno tiveram uma menor evolução desse parâmetro, com decréscimo de 12,84%, 11,32% e 8,08%, respectivamente. Percebe-se que os frutos tratados com embalagem ativa contendo absorvedor de etileno tiveram menor evolução da luminosidade da polpa, indicando que esse tratamento foi eficaz no controle do escurecimento tanto da polpa como da casca das atemóias armazenadas a 25°C.

O escurecimento da polpa das atemóias durante o amadurecimento é um fato comum, visto que esse tipo de fruto possui polpa branca, qualquer alteração bioquímica que fatalmente ocorre durante o amadurecimento, por se tratar de um fruto climatérico, ocasiona um leve escurecimento do mesmo. Segundo Martinez et al. (1993), por se tratar de um fruto climatérico, as mudanças que causam a perda de firmeza e o escurecimento do fruto devem-se à rápida elevação da taxa de biossíntese de etileno no início do processo de amadurecimento.

A evolução da coloração da casca (a) e da polpa (b) das atemóias, através do estudo da coordenada  $a^*$ , está apresentada na Figura 2.3.

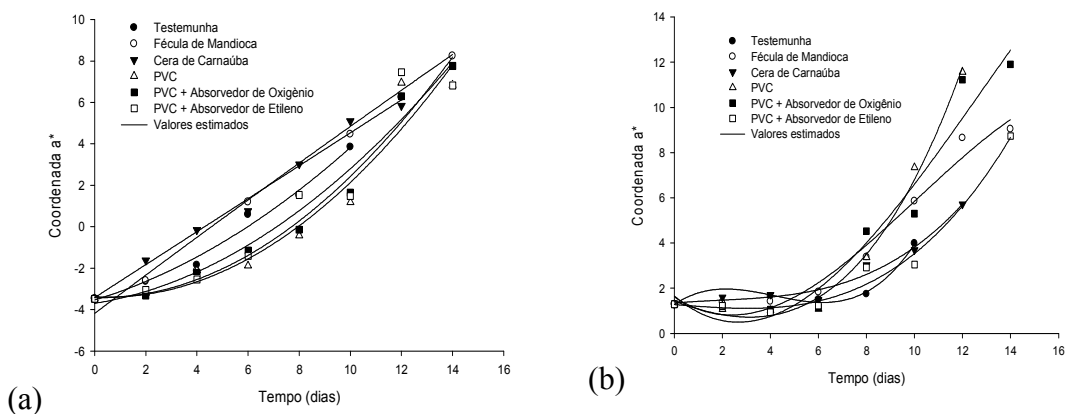


Figura 2.3 - Valores observados e estimados da coordenada  $a^*$  da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 25°C.

Observando a Figura 2.3a, verifica-se que coordenada a\* apresentou um acréscimo médio de 311,45%, 329,16% e 347,64% para os frutos do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba, respectivamente. Por sua vez, os frutos tratados com embalagens ativas tiveram acréscimo médio menor que os frutos tratados com revestimentos comestíveis e os frutos do lote testemunha, com acréscimo médio de 233,94%, 247,63% e 242,69% para os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e de etileno respectivamente. Este aumento está diretamente relacionado ao amadurecimento dos frutos, no qual a alteração da cor verde (menores valores) para a cor vermelha (maiores valores) é devida à degradação da clorofila e degradação dos compostos voláteis. Sendo assim quanto menor o acréscimo dos valores desse parâmetro, melhor o poder de conservação do método utilizado, evidenciando que as embalagens ativas foram, para esse parâmetro de avaliação, mais eficientes que os revestimentos comestíveis, e que os frutos tratados com embalagens ativas contendo absorvedores de etileno obtiveram os melhores resultados com menor evolução da coordenada a\*.

Com relação à evolução da coordenada a\* da polpa das atemóias (Figura 2.3b), verifica-se que ocorreu um aumento considerável para todos os tratamentos avaliados, com os seguintes acréscimos médios: 353,92% para os frutos do lote testemunha, 569,97% revestidos com fécula de mandioca, 343,47% revestidos com cera de carnaúba, 796,47% embalados com filme de PVC, 770,18% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo absorvedor de oxigênio e 356,83% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo inibidor de etileno. Indicando assim a intensa perda de pigmentação ocasionada pelo processo de amadurecimento, característico para esse tipo de fruto.

Assim como a luminosidade, a coordenada b\* decresceu rapidamente durante o armazenamento das atemóias. Este fato pode ser comprovado pela Figura 2.4, que demonstra as alterações nesta coordenada ao longo do armazenamento dos frutos de da atemóia.

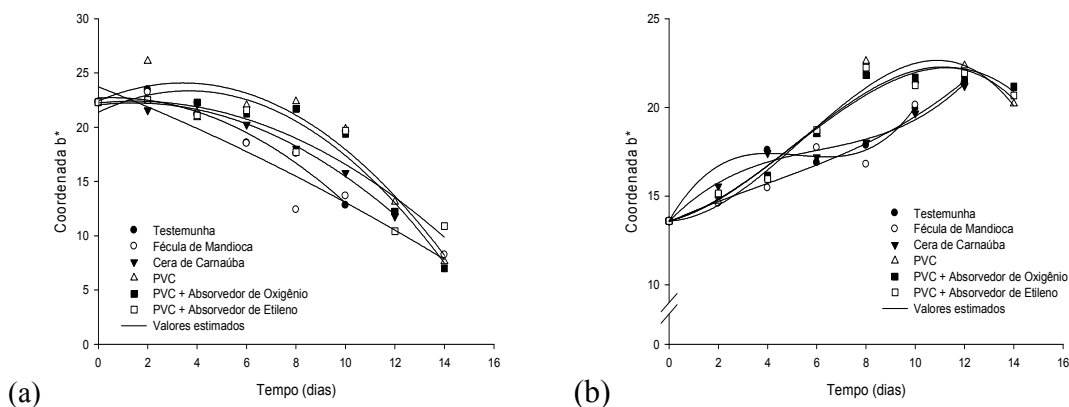


Figura 2.4 - Valores observados e estimados da coordenada  $b^*$  da casca (a) e da polpa (b) das atemórias armazenadas a 25°C

Verificando a Figura 2.4a, observa-se que os valores da coordenada  $b^*$ , responsável pela coloração entre amarelo e azul, diminuíram em cerca de 42,60%, 38,69% e 29,28%, para os frutos do lote testemunha revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba, respectivamente. Já os frutos tratados com embalagens ativas tiveram um menor decréscimo desse parâmetro comparado com os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis, com decréscimo de 11,12%, 13,04% e 11,83% para os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno, respectivamente.

Com relação à evolução do parâmetro  $b^*$  da polpa das atemórias durante o armazenamento (Figura 2.4b), verifica-se um comportamento contrário ao que ocorreu com a casca, com acréscimo do mesmo para todos os tratamentos avaliados. Os frutos do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram acréscimo médio de 46,71%, 57,10% e 56,08%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagem ativa contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno tiveram acréscimo médio de 48,68%, 55,71% e 52,01%, respectivamente.

Verifica-se que os frutos embalados com embalagens ativas foram mais eficientes na preservação da cor da casca e da polpa durante o amadurecimento, comparado com os frutos do lote testemunha e revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba. Segundo Silva et al. (2009), esse comportamento pode ser devido às limitações de trocas gasosas causada pela embalagem, que retarda transformações

bioquímicas, como a degradação da clorofila e aparecimento de pigmentos carotenoides responsáveis pelo escurecimento da casca das atemóias.

A Tabela 2.1 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para casca das atemóias ao longo do armazenamento a 25°C, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 2.1 - Equações ajustadas aos valores experimentais das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da cascadas atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{L}^* = 44,9300 - 0,3912*t - 0,0359*t^2$	0,9015
	$\hat{a}^* = -3,5377 + 0,3761*t + 0,0360*t^2$	0,9857
	$\hat{b}^* = 22,6902 + 0,1165*t - 0,1083*t^2$	0,9619
Fécula de mandioca	$\hat{L}^* = 45,5604 - 0,8282*t - 0,0207*t^2$	0,9512
	$\hat{a}^* = -4,1825 + 0,9270*t - 0,0025*t^2$	0,9455
	$\hat{b}^* = 23,7215 - 0,8913*t - 0,0174*t^2$	0,9170
Cera de carnaúba	$\hat{L}^* = 44,0123 - 0,6023*t - 0,0319*t^2$	0,9950
	$\hat{a}^* = -3,4204 + 0,7954*t$	0,9885
	$\hat{b}^* = 22,0485 + 0,2622*t - 0,0921*t^2$	0,9902
PVC	$\hat{L}^* = 44,3130 + 0,7174*t - 0,1175*t^2$	0,9239
	$\hat{a}^* = -3,3738 - 0,0687*t + 0,0620*t^2$	0,9404
	$\hat{b}^* = 22,4063 - 0,9730*t - 0,1420*t^2$	0,9112
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{L}^* = 44,0215 + 0,6263*t - 0,1082*t^2$	0,9774
	$\hat{a}^* = -3,4282 - 0,0280*t + 0,0613*t^2$	0,9792
	$\hat{b}^* = 21,3673 + 1,0847*t - 0,1484*t^2$	0,9572
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{L}^* = 44,8182 + 0,0315*t - 0,0683*t^2$	0,8650
	$\hat{a}^* = -3,6974 + 0,1972*t + 0,0453*t^2$	0,9297
	$\hat{b}^* = 22,2349 + 0,2264*t - 0,0793*t^2$	0,9642

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Nota-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 2.1). As coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  variaram significativamente segundo uma relação cúbica, exceto a coordenada  $a^*$  dos frutos tratados com cera de carnaúba que variaram segundo uma relação quadrática.

A Tabela 2.2 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para polpa das atemóias ao longo do armazenamento a 25°C, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 2.2 - Equações ajustadas aos valores experimentais das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{L}^* = 70,4139 - 3,2514*t + 0,5707*t^2 - 0,0336*t^3$	0,9996
	$\hat{a}^* = 1,2840 + 0,7172*t - 0,2248*t^2 + 0,0180*t^3$	0,9938
	$\hat{b}^* = 13,6078 + 2,3763*t - 0,4789*t^2 + 0,0305*t^3$	0,9894
Fécula de Mandioca	$\hat{L}^* = 68,8042 + 0,0585*t - 0,1511*t^2 + 0,0055*t^3$	0,9552
	$\hat{a}^* = 1,6191 - 0,7086*t + 0,1693*t^2 - 0,0056*t^3$	0,9757
	$\hat{b}^* = 13,5390 + 0,6319*t - 0,0346*t^2 + 0,0031*t^3$	0,9426
Cera de Carnaúba	$\hat{L}^* = 70,4289 - 3,0796*t + 0,5755*t^2 - 0,0341*t^3$	0,9890
	$\hat{a}^* = 1,3481 + 0,0886*t - 0,0198*t^2 + 0,0036*t^3$	0,9738
	$\hat{b}^* = 13,5765 + 1,4138*t - 0,1853*t^2 + 0,0101*t^3$	0,9835
PVC	$\hat{L}^* = 70,4429 - 0,7100*t + 0,1026*t^2 - 0,0128*t^3$	0,9856
	$\hat{a}^* = 1,4290 - 0,3934*t + 0,0357*t^2 + 0,0057*t^3$	0,9928
	$\hat{b}^* = 13,5892 + 0,0658*t + 0,2172*t^2 - 0,0135*t^3$	0,9586
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{L}^* = 68,7266 + 0,2888*t - 0,1610*t^2 + 0,0043*t^3$	0,9416
	$\hat{a}^* = 1,6575 - 0,9030*t + 0,1892*t^2 - 0,0049*t^3$	0,9544
	$\hat{b}^* = 13,5791 + 0,3923*t + 0,1330*t^2 - 0,0088*t^3$	0,9725
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{L}^* = 70,3299 - 0,8543*t + 0,0953*t^2 - 0,0069*t^3$	0,9851
	$\hat{a}^* = 1,2799 - 0,0816*t - 0,0013*t^2 + 0,0032*t^3$	0,9811
	$\hat{b}^* = 13,6014 + 0,3254*t + 0,1530*t^2 - 0,0101*t^3$	0,9569

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Verifica-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 2.2). As coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  variaram significativamente segundo uma relação cúbica, para todos os tratamentos avaliados.

Uma cor específica só é inteiramente definida quando o componente acromático ( $L^*$ ) é mensurado conjuntamente com os componentes cromáticos ( $a^*$  e  $b^*$ ). Segundo Shewfelt (1993), a percepção da coloração pelos seres humanos é obtida em termos de luminosidade, ângulo hue e croma. Desta forma, calcularam-se também os índices croma ( $C^*$ ) (Figura 2.5) e ângulo hue ( $h^*$ ) (Figura 2.6).

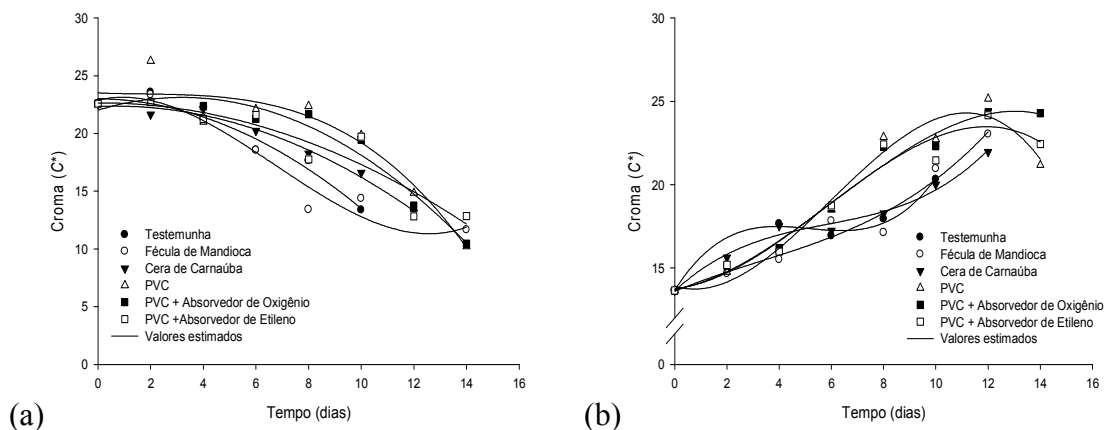


Figura 2.5 - Valores observados e estimados do índice colorimétrico croma ( $C^*$ ) da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 25°C.

Na Figura 2.5, são apresentados os valores de croma ( $C^*$ ) ou cromaticidade, que expressa a intensidade da cor, ou seja, a saturação em termos de pigmentos desta cor (MENDONÇA et al., 2003). Nota-se, na Figura 2.5a, que nos frutos do lote testemunha e tratados com revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba a intensidade de cor da casca diminuiu 40,8%, 36,28% e 26,49% respectivamente. Já os frutos tratados com embalagens ativas apresentaram maior intensidade de cor, comparados com os tratados com revestimentos comestíveis, tendo a intensidade de cor da casca decaindo 12,05%, 13,82% e 12,62% para os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno, respectivamente. Sabendo que a cromaticidade expressa a saturação dos pigmentos, o

decaimento dos seus valores comprovam a despigmentação (escurecimento) da casca das atemóias durante o armazenamento, e que quanto menor a queda desses valores melhor o método de conservação aplicado, comprovando que as embalagens ativas foram mais eficazes em inibir o escurecimento da casca das atemóias durante o armazenamento a 25°C.

Na Figura 2.5b percebe-se que o croma da polpa aumentou para todos os tratamentos aplicados aos frutos das atemóias, com os seguintes acréscimos médios: 48,94% para os frutos do lote testemunha, 53,51% revestidos com fécula de mandioca, 60,94% revestidos com cera de carnaúba, 55,09% embalados com filme de PVC, 77,87% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo absorvedor de oxigênio e 64,29% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo inibidor de etileno.

O aumento do croma ao longo do tempo de armazenagem é um indicador de um decréscimo de tonalidade ou matiz da coloração, em que maiores valores levam a cores mais puras, ou seja, tornando-se mais difícil a diferenciação entre tonalidades. Dessa forma, o aumento do índice croma é um importante indicador do amadurecimento dos frutos, indicando uma coloração homogênea (menor tonalidade e aumento da pureza da cor). Alguns trabalhos também observaram este comportamento do índice croma ao longo do armazenamento de diferentes frutos (MUSKOVICS et al., 2006; HERNÁNDEZ et al., 2007).

Percebe-se pela Figura 2.6a que o ângulo hue da casca das atemóias sofre aumento até o 8º dia de armazenamento e diminui do 8º ao 14º dia para todos os tratamentos avaliados. Os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram esse índice colorimétrico aumentado 4,88%, 3,83% e 1,65%, respectivamente até o 8º dia de armazenamento e um posterior decréscimo de 40,96%, 46,59% e 22,83% respectivamente para esses tratamentos. Já frutos tratados com embalagem de PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno apresentaram um aumento maior desse índice, com acréscimo de 9,5%, 10,45% e 6,30% respectivamente até o 8º dia de armazenamento e um posterior decréscimo de 30,17%, 30,04% e 28,35%, respectivamente.

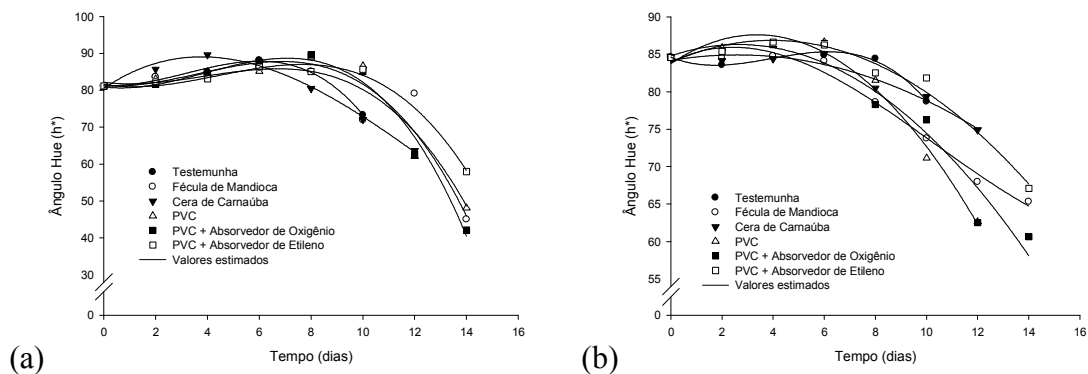


Figura 2.6 - Valores observados e estimados do índice colorimétrico ângulo hue ( $h^*$ ) da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 25°C.

O ligeiro aumento do ângulo hue da casca e o posterior decréscimo ao longo do armazenamento das atemóias (Figura 2.6a) é um comportamento que sugere a alteração da coloração da casca das atemóias do verde, para o verde claro e depois o preto (escurecimento ocasionado pela despigmentação). De acordo com Ferrer et al. (2005), as mudanças na coloração de diversos frutos envolvem a perda de clorofila pela atividade da enzima clorofilase, além da síntese de novos pigmentos, como, por exemplo, os carotenoides e, ou, as antocianinas, bem como o desmascaramento de outros pigmentos que foram formados anteriormente durante o desenvolvimento dos frutos.

O decréscimo no ângulo hue, ao longo do período de armazenamento, indica o amarelecimento da casca (Figura 2.6a). A resposta concorda com os resultados obtidos por Lima et al. (2003), podendo estar associada à degradação da clorofila. Paull (1982) relatou que a cor da casca da graviola muda de verde-escuro para uma cor mais amarelada durante o amadurecimento, tendendo a tornar-se completamente escura com a senescência.

Observando a Figura 2.6b percebe-se que a evolução do ângulo hue da polpa das atemóias teve um comportamento parecido com a evolução desse parâmetro da casca. Verificou-se um ligeiro aumento até o sexto dia de armazenamento e posterior decréscimo desse parâmetro para todos os tratamentos avaliados, com os seguintes decréscimos médios: 18,77% para os frutos do lote testemunha, 19,63% revestidos com fécula de mandioca, 11,44% revestidos com cera de carnaúba, 15,89% embalados com filme de PVC, 9,83% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo absorvedor

de oxigênio e 10,33% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo inibidor de etileno.

Os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram uma maior evolução das coordenadas colorimétricas da casca e da polpa, indicando que os frutos submetidos a esses tratamentos tiveram uma menor conservação comparado com os frutos embalados com filmes de PVC e embalagens ativas contendo absorvedor de oxigênio e absorvedor de etileno, visto que esses últimos obtiveram menor evolução de todos os parâmetros colorimétricos avaliados. Além disso, percebe-se que as atemóias embaladas com embalagens ativas contendo absorvedores de etileno obtiveram melhor repostas no que diz respeito ao controle do amadurecimento dos mesmos.

As Tabelas 2.3 e 2.4 contêm as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação dos índices colorimétricos croma e ângulo hue da casca (Tabela 2.3) e da polpa (Tabela 2.4) ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

A variação dos índices colorimétricos da casca das atemóias com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão polinomial, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação ( $> 90,87\%$ ) (Tabela 2.3).

A variação dos índices colorimétricos da polpa das atemóias com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão polinomial, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação ( $> 94,62\%$ ) (Tabela 2.4).

### **3.1.2. Diferenças da cor da casca e da polpa das atemóias**

A diferença total de cor da casca e da polpa variou significativamente durante a armazenagem. A Figura 2.7 mostra o comportamento desta variável em função do tempo de armazenagem na temperatura de 25°C. A Tabela 2.5 contém as equações de regressão para a diferença total de cor da casca e da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 2.3 - Equações ajustadas aos valores experimentais dos índices colorimétricos croma ( $C^*$ ), ângulo hue ( $h^*$ ) da cascadas atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{C}^* = 23,0116 - 0,0279*t - 0,0922*t^2$ $\hat{h}^* = 81,3944 - 0,4563*t + 0,6946*t^2 - 0,0729*t^3$	0,9609 0,9847
Fécula de mandioca	$\hat{C}^* = 22,8924 + 0,5302*t - 0,3039*t^2 + 0,0150*t^3$ $\hat{h}^* = 82,1951 - 0,9159*t + 0,5150*t^2 - 0,0444*t^3$	0,9499 0,9192
Cera de carnaúba	$\hat{C}^* = 22,3432 + 0,0891*t - 0,0702*t^2$ $\hat{h}^* = 80,5207 + 4,4894*t - 0,7375*t^2 + 0,0182*t^3$	0,9863 0,9890
PVC	$\hat{C}^* = 23,5137 - 0,0925*t + 0,0355*t^2 - 0,0069*t^3$ $\hat{h}^* = 81,1804 - 0,3785*t + 0,5315*t^2 - 0,0489*t^3$	0,9087 0,9431
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{C}^* = 22,0205 + 0,6900*t - 0,1080*t^2$ $\hat{h}^* = 80,9152 - 0,8642*t + 0,7090*t^2 - 0,0610*t^3$	0,9622 0,9803
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{C}^* = 22,6497 + 0,0060*t - 0,0540*t^2$ $\hat{h}^* = 81,6458 - 1,2149*t + 0,5919*t^2 - 0,0446*t^3$	0,9781 0,9867

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Tabela 2.4 - Equações ajustadas aos valores experimentais dos índices colorimétricos croma ( $C^*$ ), ângulo hue ( $h^*$ ) da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{C}^* = 13,6676 + 2,4609*t - 0,5076*t^2 + 0,0329*t^3$ $\hat{h}^* = 84,6008 - 1,3507*t + 0,4975*t^2 - 0,0421*t^3$	0,9917 0,9885
Fécula de mandioca	$\hat{C}^* = 13,6003 + 0,3575*t - 0,0496*t^2 + 0,0051*t^3$ $\hat{h}^* = 83,9012 + 1,7460*t - 0,4073*t^2 + 0,0132*t^3$	0,9600 0,9865
Cera de carnaúba	$\hat{C}^* = 13,6373 + 1,4366*t - 0,1936*t^2 + 0,0110*t^3$ $\hat{h}^* = 84,1679 + 0,5784*t - 0,1114*t^2$	0,9866 0,9462
PVC	$\hat{C}^* = 13,9075 - 0,4668*t + 0,3340*t^2 - 0,0187*t^3$ $\hat{h}^* = 83,7458 + 2,2869*t - 0,3395*t^2$	0,9659 0,9826
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{C}^* = 13,7170 + 0,2691*t + 0,1476*t^2 - 0,0081*t^3$ $\hat{h}^* = 84,7821 + 1,1533*t - 0,2186*t^2$	0,9822 0,9465
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{C}^* = 13,7614 + 0,1656*t + 0,1774*t^2 - 0,0103*t^3$ $\hat{h}^* = 83,8981 + 1,5005*t - 0,1900*t^2$	0,9569 0,9762

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

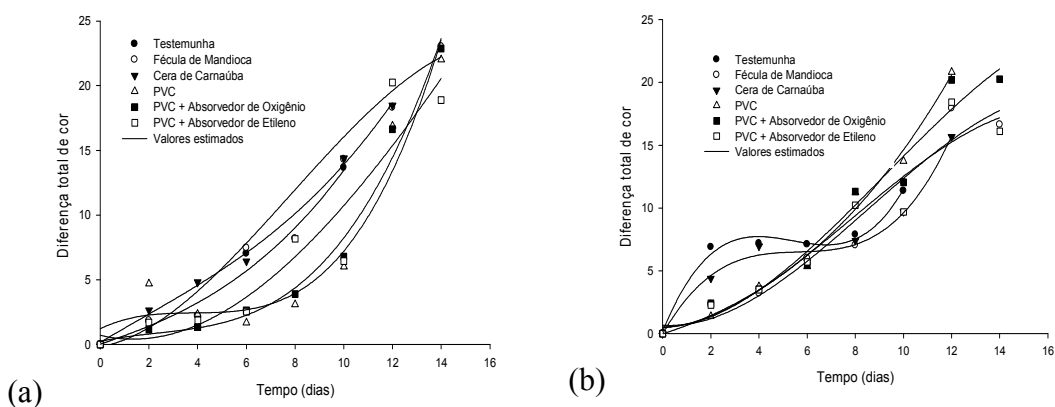


Figura 2.7 - Valores observados e estimados da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 25°C.

Observando a Figura 2.7 percebe-se que a diferença total de cor, tanto da casca quanto da polpa, aumentou durante o armazenamento das atemóias, indicando que todos os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) tiveram uma evolução considerável durante o amadurecimento dos frutos. Verifica-se também que quanto menor a evolução total da cor melhor foi o método de conservação aplicado as atemóias, confirmando assim que os frutos tratados com embalagens ativas conservaram de forma melhor comparados com os frutos do lote testemunha e dos frutos revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba. A partir das análises colorimétricas, os frutos tratados com embalagens ativas e armazenados a 25°C permaneceram aptos para consumo até o 12º dia de armazenamento, enquanto os frutos do lote testemunha se conservaram aptos para consumo somente até o 8º dia de armazenamento.

Tabela 2.5 - Equações ajustadas aos valores experimentais da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) da casca e da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,0334 + 0,6259*t + 0,0241*t^2 + 0,0048*t^3$	0,9721
	$\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,1781 + 4,7188*t - 0,9408*t^2 + 0,0582*t^3$	0,9883
Fécula de mandioca	$\Delta \hat{E}_{Casca} = -0,1713 + 0,3185*t + 0,2274*t^2 - 0,0097*t^3$	0,9544
	$\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,6768 - 0,1344*t + 0,2140*t^2 - 0,0084*t^3$	0,9571
Cera de carnaúba	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,1618 + 1,1236*t - 0,0249*t^2 + 0,0050*t^3$	0,9966
	$\Delta \hat{E}_{Polpa} = -0,0114 + 3,3459*t - 0,5826*t^2 + 0,0344*t^3$	0,9902
PVC	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 1,2171 + 0,9094*t - 0,2306*t^2 + 0,0200*t^3$	0,9438
	$\Delta \hat{E}_{Polpa} = -0,0194 + 0,6204*t + 0,0495*t^2 + 0,0035*t^3$	0,9897
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,2373 + 0,4116*t - 0,0892*t^2 + 0,0128*t^3$	0,9837
	$\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,5326 + 0,0148*t + 0,2108*t^2 - 0,0076*t^3$	0,9670
PVC + Absorvedor de Etileno	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,7065 - 0,4509*t + 0,1750*t^2 - 0,0030*t^3$	0,9655
	$\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,4674 + 0,1240*t + 0,1871*t^2 - 0,0079*t^3$	0,9302

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

As equações ajustadas aos valores experimentais da diferença total de cor da casca e da polpa das atemóias com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão polinomial de terceira ordem, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação ( $> 93,02\%$ ) (Tabela 2.5).

### 3.1.3. Alterações químicas das atemóias

A Figura 2.8 relata a evolução dos sólidos solúveis totais (SST) através da escala numérica Brix, durante o período de armazenagem das atemóias, tratadas com revestimentos comestíveis e embalagens ativas, armazenadas a  $25^{\circ}\text{C}$ .

O teor de SST aumentou de forma gradativa ao decorrer do tempo, atingindo valores máximos de  $23,33^{\circ}\text{Brix}$  e  $22,33^{\circ}\text{Brix}$ , para os frutos do lote testemunha e revestidos com cera de carnaúba respectivamente. É possível observar que o uso de embalagens ativas proporcionou uma lenta evolução dos teores de SST mostrando o efeito do absorvedor e oxigênio e absorvedor de etileno em retardar o amadurecimento dos frutos quando comparado aos frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis, apresentando os seguintes valores máximos  $18,5$ ;  $19,4$  e  $18,8^{\circ}\text{Brix}$ , nos frutos embalados com PVC, embalados com PVC + Absorvedor de oxigênio e embalados com PVC + Absorvedor de etileno, respectivamente. Os valores obtidos variaram de  $14,6$  a  $22,3^{\circ}\text{Brix}$ , semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2009).

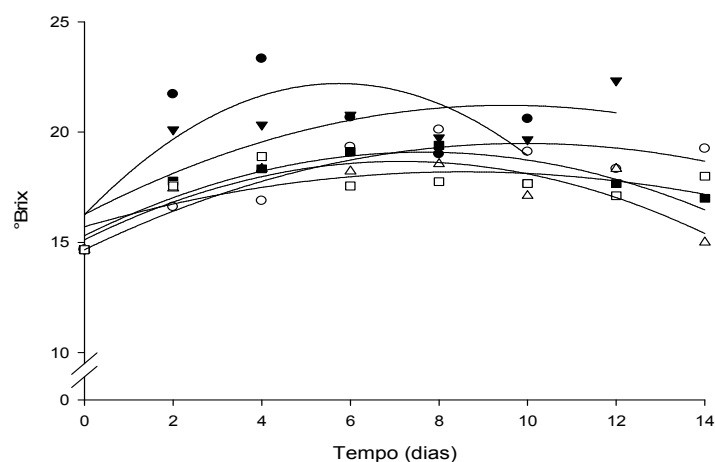


Figura 2.8 - Valores observados e estimados de sólidos solúveis totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) em atemóias armazenadas a  $25^{\circ}\text{C}$ .

O teor de sólidos solúveis total indica a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos na polpa dos frutos. Corresponde a todas as substâncias que se encontram dissolvidas na água (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aumento nos teores de SST se deve à transformação das reservas acumuladas durante a formação e o desenvolvimento dos mesmos em açúcares solúveis (JERÔNIMO et al., 2000).

Entre as transformações mais importantes que ocorrem nos frutos durante a maturação e amadurecimento incluem-se aquelas observadas nos carboidratos, principalmente o amido, desempenhando um papel crítico na vida útil dos frutos e no desenvolvimento de qualidades como textura e adoçamento (SEYMOUR et al., 1993). Com a evolução da maturação, a concentração de açúcares solúveis, como glicose, frutose e sacarose aumentam, podendo ocorrer posterior declínio em função de sua utilização como fonte de energia (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo alguns autores, nas anonáceas, em geral, são verificados grandes incrementos no teor de SST durante o amadurecimento, representados principalmente por açúcares solúveis (ANDRADE et al., 2001; ANDRÉS-AGUSTÍN et al., 2006; GOÑI et al., 2007; SACRAMENTO et al., 2003). Contudo, sob condições de armazenamento prolongado, esses teores podem ser reduzidos a valores inferiores aos observados no momento da colheita (YAMASHITA et al., 2002).

A Figura 2.9 apresenta a evolução da acidez total titulável em % de ácido cítrico, durante o período de armazenamento das atemóias, tratadas com revestimentos comestíveis e embalagens ativas, armazenadas a 25°C.

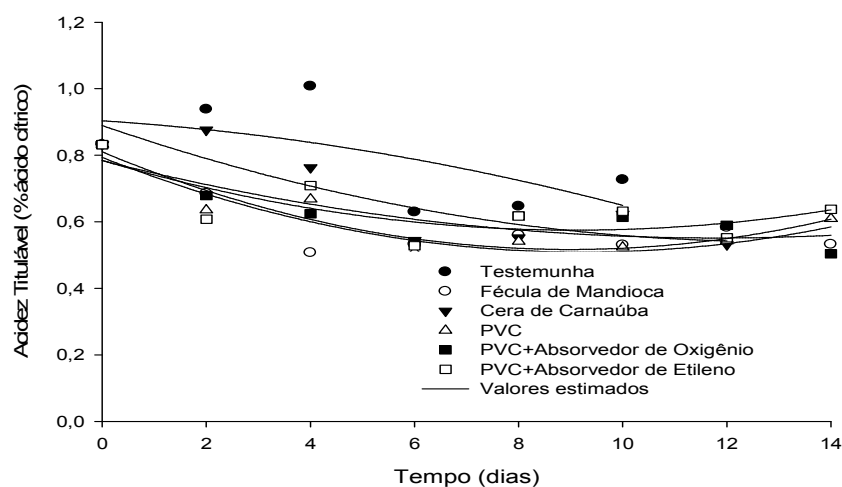


Figura 2.9 - Valores observados e estimados da acidez total titulável das atemóias armazenadas a 25°C.

Beerh et al. (1983) citam que a acidez total titulável da polpa das diferentes espécies de anonas quando maduras varia de 0,3 a 0,4%, sendo o ácido cítrico o predominante, já Paull et al. (2000) apontam o ácido málico. Neste estudo optou-se por avaliar a acidez total titulável expressa como porcentagem de ácido cítrico pelo fato da maioria dos trabalhos avaliados na revisão de literatura utilizá-lo na expressão dos resultados, o que permite uma comparação mais coerente entre resultados.

Observando a Figura 2.9 percebe-se um leve aumento e, em seguida, um decréscimo da acidez titulável com o passar dos dias nos frutos do lote testemunha, já que apresentaram valor inicial 0,83 e valor final de 0,72. Os frutos submetidos a todos os tratamentos tiveram os valores de acidez total titulável reduzidos durante o armazenamento. A redução nos valores de acidez titulável pode estar possivelmente associada a um maior consumo de ácidos orgânicos, neste caso o cítrico (MOURA et al., 2000), em decorrência do processo respiratório.

Nota-se, na Figura 2.9, que a acidez total titulável dos frutos tratados com revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba teve uma diminuição de 29,88% e 29,12% respectivamente. Já os frutos tratados com embalagens ativas apresentaram menor redução média da acidez total titulável, comparados com os frutos tratados com revestimentos comestíveis, tendo redução de 26,83%, 25,20% e 24,12% para os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno, respectivamente. Essa menor redução na acidez total titulável durante o armazenamento indica que as embalagens ativas foram mais eficientes em retardar o amadurecimento das atemóias. Percebe-se também que os frutos tratados com embalagens contendo absorvedores de etileno tiveram menor redução da acidez total titulável durante o armazenamento, sendo assim o tratamento mais eficiente.

Mosca et al. (2003), analisando pinhas armazenadas a 15°C envoltas ou não por embalagem de polietileno de baixa densidade, constataram tendência de diminuição nos valores de acidez titulável. Por outro lado, Vila et al. (2005), trabalhando com a geração de atmosfera modificada pelo uso de fécula de mandioca em pinhas armazenadas a 18°C, observaram aumento nos valores médios de acidez titulável até o 4º dia de armazenamento, seguido de queda até o último período de avaliação.

A evolução do pH durante o período de armazenagem das atemóias, tratadas com revestimentos comestíveis e embalagens ativas, armazenadas a 25°C, segue apresentada na Figura 2.10.

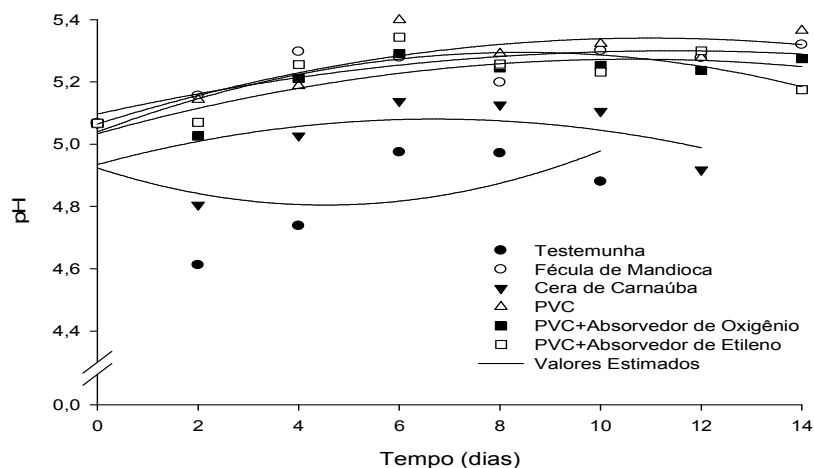


Figura 2.10 - Valores observados e estimados do pH das atemóias armazenadas a 25°C.

Os valores médios de pH para os frutos de atemóia do lote testemunha e revestidos com cera de carnaúba sofreram um decréscimo correspondente ao acréscimo da acidez total titulável desses frutos durante o armazenamento. Já os frutos revestidos com fécula de mandioca e embalagens ativas tiveram leve aumento dos valores de pH correspondente ao decréscimo dos valores de acidez total titulável durante o armazenamento a 25°C.

Os frutos do lote testemunha e revestidos com cera de carnaúba tiveram decréscimo médio dos valores de pH até o segundo dia de armazenamento de 3,68% e 2,93% respectivamente. Já os frutos revestidos com fécula de mandioca, embalados com PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno tiveram acréscimo médio de 4,99%, 5,89%, 4,11% e 2,13%, respectivamente. Esses resultados correspondem ao decréscimo da acidez total titulável desses tratamentos durante o armazenamento, confirmando que os frutos tratados com embalagens ativas contendo absorvedores de etileno tiveram melhor resposta em inibir o amadurecimento das atemóias armazenadas a 25°C, visto que tiveram menor acréscimo médio nos valores de pH.

A Tabela 2.6 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação dos sólido solúveis totais (SST), acidez total titulável (AT) e pH das atemóias longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 2.6 - Equações ajustadas aos valores experimentais dos sólido solúveis totais (SST), acidez total titulável (AT) e pH das Atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$S\hat{S}T = 16,2488 + 2,0721*t - 0,1803*t^2$	0,7433
	$\widehat{A}T = 0,9035 - 0,0101*t - 0,0015*t^2$	0,7204
	$\widehat{p}H = 4,9240 - 0,0526*t + 0,0058*t^2$	0,7930
Fécula de mandioca	$S\hat{S}T = 14,6632 + 0,9711*t - 0,0489*t^2$	0,9295
	$\widehat{A}T = 0,7934 - 0,0617*t + 0,0033*t^2$	0,8889
	$\widehat{p}H = 5,0970 + 0,0355*t - 0,0016*t^2$	0,8339
Cera de carnaúba	$S\hat{S}T = 16,2624 + 1,0409*t - 0,0547*t^2$	0,7781
	$\widehat{A}T = 0,8893 - 0,0537*t + 0,0021*t^2$	0,8799
	$\widehat{p}H = 4,9348 + 0,0436*t - 0,0033*t^2$	0,7251
PVC	$S\hat{S}T = 15,1161 + 0,9942*t - 0,0695*t^2$	0,8832
	$\widehat{A}T = 0,8102 - 0,0653*t + 0,0036*t^2$	0,9369
	$\widehat{p}H = 5,0651 + 0,0502*t - 0,0023*t^2$	0,8721
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$S\hat{S}T = 15,3065 + 0,9888*t - 0,0646*t^2$	0,9102
	$\widehat{A}T = 0,7841 - 0,0394*t + 0,0017*t^2$	0,8576
	$\widehat{p}H = 5,0337 + 0,0450*t - 0,0021*t^2$	0,8729
PVC + Absorvedor de Etileno	$S\hat{S}T = 15,7111 + 0,5819*t - 0,0341*t^2$	0,7922
	$\widehat{A}T = 0,7843 - 0,0460*t + 0,0025*t^2$	0,7540
	$\widehat{p}H = 5,0394 + 0,0605*t - 0,0036*t^2$	0,8541

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

As equações ajustadas aos valores experimentais dos sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH com o tempo de armazenamento foram bem representadas pelas equações de regressão polinomial de terceira ordem e segunda ordem, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação (>72,04%) (Tabela 2.6).

### 3.2. Armazenamento a 15°C

O armazenamento sob refrigeração é uma das técnicas mais utilizadas para evitar a perda de frutos na pós-colheita. A temperatura recebe destacada importância no

controle da vida útil de frutos e vegetais por exercer influência direta sobre o processo respiratório. Além da influência sobre a respiração, o controle da temperatura também reduz todas as reações metabólicas uma vez que com o processo respiratório é gerada a energia necessária para a síntese de enzimas, constituintes da membrana celular dentre outros produtos sintetizados durante o amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Conforme Leal (1990), as condições recomendadas para o armazenamento da atemóia ou pinha são de 15°C, com umidade relativa de 85-90%. Temperaturas inferiores a 15°C causam sintomas de injúrias pelo frio e o amadurecimento normal ocorreria entre 15 e 20°C e umidade relativa de 85-95%. Apesar disso, o armazenamento a 4°C conserva a polpa em boas condições por seis semanas, porém, a casca escurece.

### 3.2.1. Evolução da cor da casca e da polpa das atemóias

A Figura 2.11 apresenta a variação da luminosidade da casca (a) e da polpa (b) dos frutos das atemóias submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenados a 15°C.

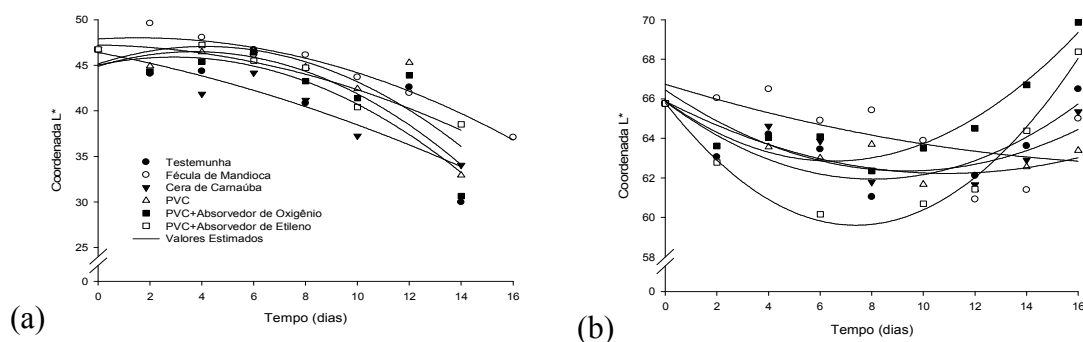


Figura 2.11 - Valores observados e estimados da coordenada L\* da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 15°C.

Assim como para a temperatura de 25°C, as alterações na coordenada L\* na casca das atemóias armazenadas a 15°C (Figura 2.11a), foram consideráveis. Os frutos do lote testemunha e tratados com revestimento comestível de fécula de mandioca e cera de carnaúba sofreram um decréscimo médio da luminosidade de 35,92%, 20,68% e

27,20%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e de etileno tiveram decréscimo de 29,61%, 24,43% e 17,66%, respectivamente. Analisando esses resultados percebe-se que os frutos tratados com revestimentos comestíveis e embalados com embalagens ativas tiveram o decréscimo da luminosidade menor que os frutos do lote testemunha, e que os frutos tratados com embalagens ativas contendo absorvedores de etileno tiveram menor evolução desse parâmetro, sendo o tratamento mais eficaz do controle no escurecimento. O decréscimo da luminosidade demonstra a perda de brilho da coloração característica da casca dos frutos que, devido às limitações de trocas gasosas causadas pelo uso de revestimentos comestíveis e embalagens ativas, retarda as transformações bioquímicas, como a degradação da clorofila e o aparecimento de pigmentos carotenoides responsáveis pelo escurecimento da casca.

Observando a Figura 2.11b, percebe-se que a evolução da luminosidade da polpa das atemórias foi menos acentuada, comparado com a luminosidade da casca. Os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram um decréscimo da luminosidade da polpa até o 12º dia de armazenamento de 5,56%, 7,38% e 6,25%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno também tiveram uma pequena evolução desse parâmetro até o 12º dia de armazenamento, com decréscimo de 6,61%, 5,39% e 6,61%, respectivamente. Após o 12º de armazenamento verificou-se um acréscimo da luminosidade, chegando a valores superiores à luminosidade inicial. Esse comportamento pode ser explicado devido a modificações químicas que podem ter ocorrido após o 12º dia de armazenamento, como processo fermentativo, por exemplo, visto que as atemórias passam a ter altos teores de açúcares no final do amadurecimento.

A baixa evolução da luminosidade pode ser explicada pelo o uso de refrigeração que reduziu a atividade respiratória e, conseqüentemente, o amadurecimento dos frutos das atemórias armazenados a 15°C. Comportamento parecido foi observado por Silva et al. (2009), no qual avaliou a qualidade pós-colheita de atemórias cv. Gefner submetidas a embalagens de PVC e armazenamento refrigerado a 15°C. Nesse trabalho os autores verificaram que a luminosidade da polpa sofreu leve redução durante o armazenamento mesmo para os frutos embalados.

A evolução da coloração da casca (a) e da polpa (b) das atemórias, por meio do estudo da coordenada a\*, está apresentada na Figura 2.12.

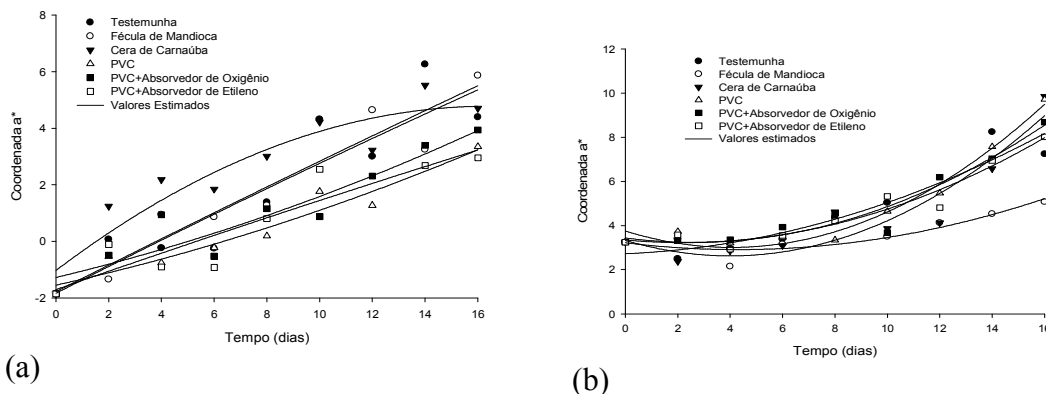


Figura 2.12 - Valores observados e estimados da coordenada  $a^*$  da casca (a) e da polpa (b) das atemórias armazenadas a 15°C.

A perda da clorofila e a síntese de pigmentos são os principais fatores relacionados às variações das coordenadas colorimétricas. Como a coordenada  $a^*$  define a coloração entre verde e vermelho, é de se esperar que esta coordenada vá se alterar durante o amadurecimento as atemórias, uma vez que já foi demonstrado com a da avaliação da luminosidade que a casca vai escurecendo com o tempo de armazenamento, deixando de ser verde para se tornar escura. Sendo assim, observando a evolução da coordenada  $a^*$  da casca das atemórias (Figura 2.12a), percebe-se que houve um acréscimo desse parâmetro durante o amadurecimento das atemórias para todos os tratamentos avaliados, acréscimo devido ao desaparecimento da coloração verde devido à despigmentação da casca.

Na Figura 2.12a, verifica-se que os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram um acréscimo da coordenada  $a^*$  da casca de 415,35%, 336,32% e 352,68%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno também tiveram acréscimo na evolução desse parâmetro de 279,83%, 311,70% e 258,87%, respectivamente. O menor acréscimo da coordenada  $a^*$  da casca das atemórias durante o armazenamento indica que houve menor perda de pigmentação da casca, sendo assim os frutos tratados com embalagens ativas tiveram melhor resposta na evolução desse parâmetro comparado com os frutos tratados com revestimentos comestíveis e os frutos do lote testemunha. Verifica-se também que os frutos tratados com embalagem ativa contendo absorvedores de etileno tiveram menor evolução da coordenada  $a^*$ , sendo dessa forma o tratamento

mais eficiente, seguido do PVC e embalagem ativa contendo absorvedor de etileno. Como já foi dito anteriormente, esse fato é explicado pelas limitações de trocas gasosas causadas pelo uso de embalagens ativas, retardando a respiração e as transformações bioquímicas ocorridas durante o amadurecimento dos frutos.

A evolução da coordenada  $a^*$  da polpa dos frutos das atemóias armazenados a 15°C também sofreram acréscimo durante o amadurecimento dos frutos (Figura 2.12b). Os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram um acréscimo da coordenada  $a^*$  da polpa de 203,95%, 56,46% e 173,38%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno também tiveram acréscimo na evolução desse parâmetro de 199,60%, 168,01% e 147,27%, respectivamente. Observa-se que a coordenada  $a^*$  da polpa das atemóias já começou com valores positivos, visto que a polpa da atemóia é inicialmente branca, tendendo ao amarelamento e escurecimento durante o amadurecimento. Percebe-se também que os frutos tratados com revestimento comestível de fécula de mandioca tiveram menor evolução desse parâmetro, seguido dos frutos embalados com PVC + Absorvedor de etileno.

As variações da coordenada  $b^*$  da casca e da polpa em função do tempo de armazenamento das atemóias a 15°C podem ser observadas pela Figura 2.13.

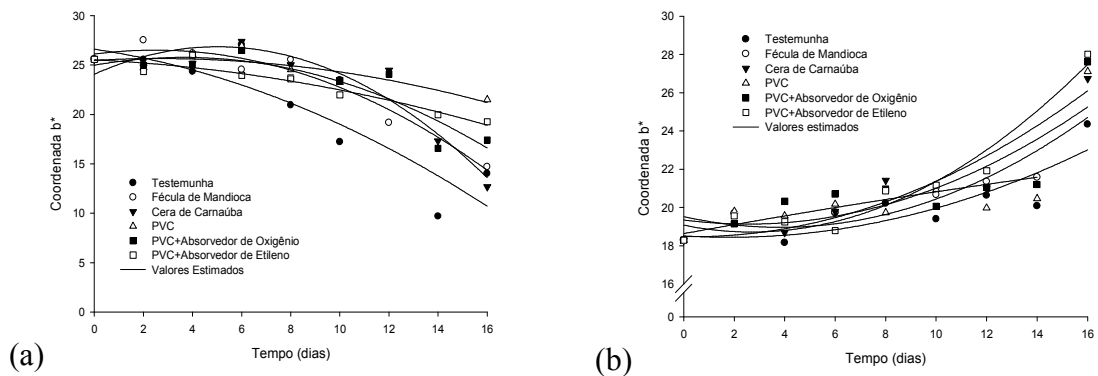


Figura 2.13 - Valores observados e estimados da coordenada  $b^*$  da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 15°C.

Os valores da coordenada  $b^*$  da casca da atemóias (Figura 2.13a), responsável pela coloração entre amarelo e azul, tiveram um decréscimo médio de 55,97%, 42,49%

e 50,38% para os frutos do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba, respectivamente. Já os frutos tratados com embalagens ativas tiveram um menor decréscimo desse parâmetro comparado com os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis, com decréscimo de 15,94%, 31,91% e 24,75% para os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno, respectivamente.

Com relação à evolução do parâmetro  $b^*$  da polpa das atemóias durante o armazenamento a 15°C (Figura 2.13b), verifica-se um comportamento contrário ao que ocorreu com a casca, com acréscimo do mesmo para todos os tratamentos avaliados, indicando que a coloração da polpa tendeu ao amarelo. Os frutos do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram acréscimo médio de 33,08%, 37,88% e 46,18%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC e embalagem ativa contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno tiveram acréscimo médio de 48,19%, 50,99% e 53,12%, respectivamente. Verifica-se que os frutos embalados com embalagens ativas foram mais eficientes na preservação da cor da casca e da polpa durante o armazenamento a 15°C, comparado com os frutos do lote testemunha e revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba.

A Tabela 2.7 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da casca das atemóias ao longo do armazenamento a 15°C, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Nota-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (Tabela 2.7). As coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  variaram significativamente segundo uma relação cúbica, para todos os tratamentos avaliados.

A Tabela 2.8 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da polpa das atemóias ao longo do armazenamento a 15°C, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 2.7 - Equações ajustadas aos valores experimentais das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da casca das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{L}^* = 46,0237 + 0,6035*t - 0,1034*t^2$	0,8530
	$\hat{a}^* = -1,17805 + 0,4711*t + 0,0010*t^2$	0,9166
	$\hat{b}^* = 26,5969 - 0,3708*t - 0,0389*t^2$	0,9085
Fécula de mandioca	$\hat{L}^* = 47,9013 + 0,1638*t - 0,0535*t^2$	0,9764
	$\hat{a}^* = -1,8378 + 0,4759*t - 0,0016*t^2$	0,9375
	$\hat{b}^* = 26,0945 + 0,3281*t - 0,0664*t^2$	0,9757
Cera de carnaúba	$\hat{L}^* = 46,4150 - 0,55416*t - 0,0254*t^2$	0,9527
	$\hat{a}^* = -1,0325 + 0,7071*t - 0,0215*t^2$	0,9375
	$\hat{b}^* = 24,0673 + 1,1052*t - 0,1100*t^2$	0,9506
PVC	$\hat{L}^* = 45,1554 + 0,9313*t - 0,1128*t^2$	0,8398
	$\hat{a}^* = -1,5496 + 0,2072*t + 0,0057*t^2$	0,9667
	$\hat{b}^* = 25,4692 + 0,1317*t - 0,0249*t^2$	0,8672
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{L}^* = 44,8977 + 0,8686*t - 0,1172*t^2$	0,8529
	$\hat{a}^* = -1,2784 + 0,2229*t - 0,0064*t^2$	0,9416
	$\hat{b}^* = 24,9784 + 0,4336*t - 0,0598*t^2$	0,9080
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{L}^* = 47,2346 - 0,0442*t - 0,0447*t^2$	0,9554
	$\hat{a}^* = -1,7064 + 0,3260*t - 0,0011*t^2$	0,9216
	$\hat{b}^* = 25,5177 - 0,1236*t - 0,0181*t^2$	0,9666

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Tabela 2.8 - Equações ajustadas aos valores experimentais das coordenadas L\*, a\* e b\* da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>)

Tratamentos	Equação de Regressão	R <sup>2</sup>
Testemunha	$\hat{L}^* = 65,8629 - 0,9741*t + 0,0604*t^2$	0,8404
	$\hat{a}^* = 2,7207 + 0,0507*t + 0,0181*t^2$	0,9494
	$\hat{b}^* = 18,5186 - 0,0825*t + 0,0227*t^2$	0,8566
Fécula de Mandioca	$\hat{L}^* = 66,7420 - 0,4011*t + 0,0098*t^2$	0,8768
	$\hat{a}^* = 3,2188 - 0,1444*t + 0,0168*t^2$	0,9224
	$\hat{b}^* = 18,6356 + 0,2392*t - 0,0021*t^2$	0,9616
Cera de Carnaúba	$\hat{L}^* = 66,4507 - 0,8795*t + 0,0472*t^2$	0,8393
	$\hat{a}^* = 3,3274 - 0,3517*t + 0,0440*t^2$	0,9438
	$\hat{b}^* = 18,4802 - 0,0221*t + 0,0311*t^2$	0,9486
PVC	$\hat{L}^* = 65,8848 - 0,6712*t + 0,0308*t^2$	0,8908
	$\hat{a}^* = 3,7517 - 0,3675*t + 0,0454*t^2$	0,9878
	$\hat{b}^* = 19,5299 - 0,2961*t + 0,0387*t^2$	0,8000
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{L}^* = 65,8903 - 0,9363*t + 0,0721*t^2$	0,9548
	$\hat{a}^* = 3,4364 - 0,1545*t + 0,0296*t^2$	0,9684
	$\hat{b}^* = 19,3478 - 0,1703*t + 0,0337*t^2$	0,8265
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{L}^* = 65,8097 - 1,6811*t + 0,1138*t^2$	0,9931
	$\hat{a}^* = 3,3477 - 0,1101*t + 0,0250*t^2$	0,9720
	$\hat{b}^* = 19,0772 - 0,2658*t + 0,0494*t^2$	0,9715

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Verifica-se, pela significância dos parâmetros das equações ajustadas e pelos altos valores do coeficiente de determinação, que houve uma boa correspondência entre o período de armazenamento e os valores das coordenadas L\*, a\* e b\* (Tabela 2.8). As coordenadas L\*, a\* e b\* variaram significativamente segundo uma relação cúbica, para todos os tratamentos avaliados.

Na Figura 2.14, são apresentados os valores de croma (C\*) ou cromaticidade, que expressa à intensidade da cor, ou seja, a saturação em termos de pigmentos desta, da casca e da polpa das atemóias armazenadas a 15°C.

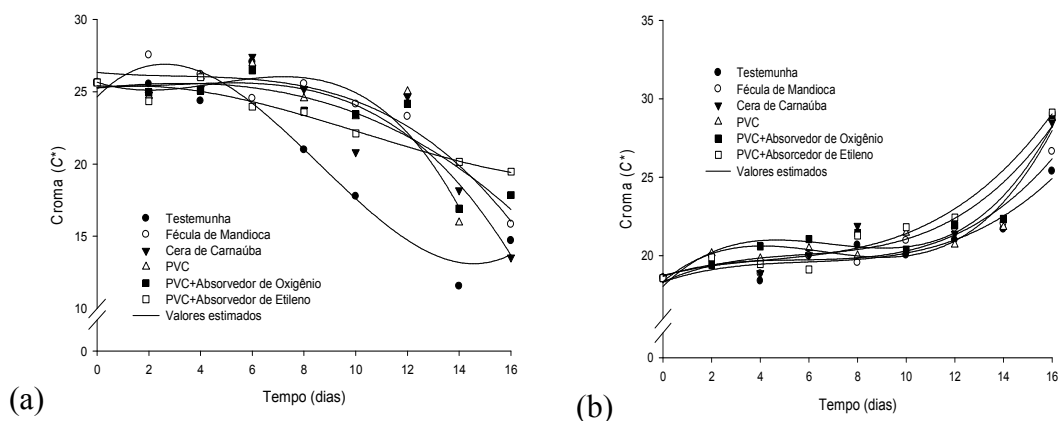


Figura 2.14 - Valores observados e estimados do índice colorimétrico cromas ( $C^*$ ) da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a  $15^{\circ}\text{C}$ .

Nota-se, na Figura 2.14a, que nos frutos do lote testemunha e revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba a intensidade de cor da casca diminuiu 42,68%, 38,24% e 47,22%, respectivamente. Já os frutos tratados com embalagens ativas apresentaram maior intensidade de cor, comparados com os tratados com revestimentos comestíveis, tendo a intensidade de cor da casca decaído 37,81%, 30,37% e 24,06% para os frutos embalados com PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno respectivamente. Sabendo que a cromaticidade expressa a saturação dos pigmentos, o decaimento dos seus valores comprovam a despigmentação (escurecimento) da casca das atemóias durante o armazenamento, e que quando menor a queda desses valores melhor o método de conservação aplicado, comprovando que as embalagens ativas foram mais eficazes em inibir o escurecimento da casca das atemóias durante o armazenamento a  $15^{\circ}\text{C}$ .

Na Figura 2.14b percebe-se que o cromas da polpa aumentou para todos os tratamentos aplicados aos frutos das atemóias, com os seguintes acréscimos médios: 36,70% para os frutos do lote testemunha, 43,42% revestidos com fécula de mandioca, 53,39% revestidos com cera de carnaúba, 54,99% embalados com filme de PVC, 55,85% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo absorvedor de oxigênio e 56,82% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo inibidor de etileno.

Os frutos tratados com embalagens ativas obtiveram maiores valores médios de cromas da polpa em relação aos frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba. Isto significa que o tratamento

acelerou o amadurecimento dos frutos armazenados a 15°C, contudo esse aumento foi menor que o aumento do croma da polpa observado nos frutos armazenados a 25°C. Este comportamento provavelmente está relacionado à atividade metabólica das atemóias na menor temperatura, em que possibilitou aos frutos uma menor taxa respiratória e, conseqüentemente, uma desaceleração da alteração colorimétrica.

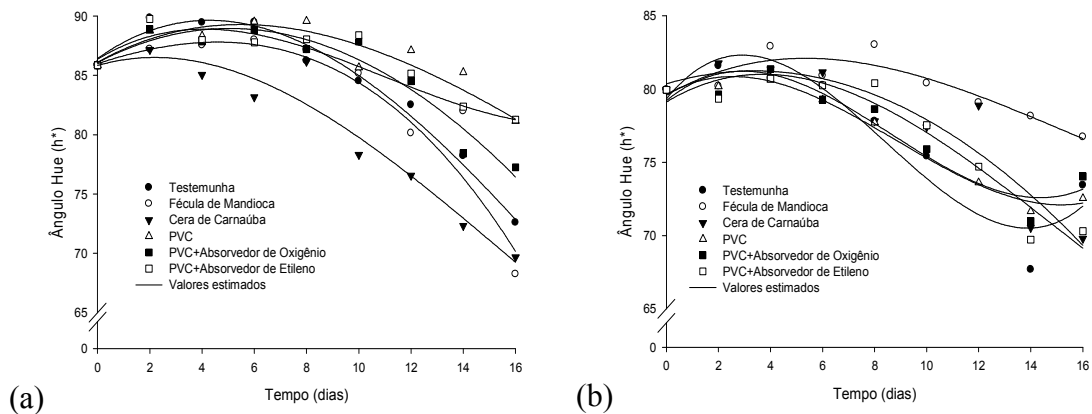


Figura 2.15 - Valores observados e estimados do índice colorimétrico ângulo hue (h\*) da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 15°C.

Percebe-se pela Figura 2.15a que o ângulo hue da casca das atemóias sofre aumento até o 8º dia de armazenamento e diminui do 8º ao 16º dia para todos os tratamentos avaliados. Os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram esse índice colorimétrico aumentado 4,23%, 1,52% e 2,35%, respectivamente até o 8º dia de armazenamento e um posterior decréscimo de 18,86%, 21,69% e 19,12% respectivamente para esses tratamentos. Já frutos tratados com embalagem de PVC e embalagens ativas contendo absorvedores de oxigênio e absorvedores de etileno apresentaram um aumento maior desse índice, com acréscimo de 4,33%, 1,59% e 1,56%, respectivamente até o 8º dia de armazenamento e um posterior decréscimo de 9,38%, 11,41% e 7,69%, respectivamente.

O ligeiro aumento do ângulo hue da casca e o posterior decréscimo ao longo do armazenamento das atemóias (Figura 2.15a) é um comportamento que sugere a alteração da coloração da cascados frutos do verde, para o verde claro e depois o preto (escurecimento ocasionado pela despigmentação). O decréscimo do ângulo hue da casca das atemóias após o 8 dia de armazenamento foi menor para as atemóias armazenadas à

15°C comparado com as atemóias armazenadas à 25°C, indicando que além do tratamento a temperatura é um fator importante para inibir o amadurecimento e, conseqüente, deterioração dos frutos durante o armazenamento que é comprovado pela despigmentação da casca.

Observando a Figura 2.15b percebe-se que a evolução do ângulo hue da polpa das atemóias teve um comportamento parecido com a evolução desse parâmetro na casca. Verificou-se um ligeiro aumento até o 6º dia de armazenamento e posterior decréscimo desse parâmetro para todos os tratamentos avaliados, com os seguintes decréscimos médios: 8,13% para os frutos do lote testemunha, 4,02% revestidos com fécula de mandioca, 12,71% revestidos com cera de carnaúba, 9,25% embalados com filme de PVC, 7,39% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo absorvedor de oxigênio e 12,07% para os frutos tratados com embalagem ativa contendo inibidor de etileno.

Os frutos do lote testemunha tratados com revestimentos comestíveis de fécula de mandioca e cera de carnaúba tiveram maior evolução das coordenadas colorimétricas da casca, indicando que os frutos submetidos a esses tratamentos tiveram uma menor conservação comparado com os frutos embalados com filmes de PVC e embalagens ativas contendo absorvedor e oxigênio e absorvedor de etileno, visto que esses últimos obtiveram menor evolução de todos os parâmetros colorimétricos avaliados.

O ponto de colheita dos frutos sugere o comportamento da Figura 2.15b. A esperada diminuição do ângulo hue para a polpa dos frutos ocorreu pelo fato de o fruto ter atingido um grau de maturação desejado pelo consumidor para o consumo *in natura* no 8º dia de armazenamento (branco intenso). Com isso, a variação deste índice colorimétrico com uma ligeira tendência de aumento no início do armazenamento é relacionada à degradação dos carotenóides e outros componentes, levando à alteração do branco para tonalidades mais escuras. As baixas alterações na coloração da polpa dos frutos também foram observadas por Lima et al. (2007) estudando as alterações dos frutos da mangueira ao longo de 22 dias de armazenamento.

As Tabelas 2.9 e 2.10 contêm as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação dos índices colorimétricos coroma e ângulo hue da casca (Tabela 2.9) e da polpa (Tabela 2.10) ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 2.9 - Equações ajustadas aos valores experimentais dos índices colorimétricos coroma ( $C^*$ ), ângulo hue ( $h^*$ ) da cascadas atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{C}^* = 24,6349 + 1,8469*t - 0,4169*t^2 + 0,0162*t^3$	0,9197
	$\hat{h}^* = 86,4125 + 1,5667*t - 0,2045*t^2 + 0,0033*t^3$	0,9803
Fécula de mandioca	$\hat{C}^* = 26,3435 - 0,1704*t + 0,0418*t^2 - 0,0045*t^3$	0,9458
	$\hat{h}^* = 85,9771 + 0,7278*t - 0,0578*t^2 - 0,0031*t^3$	0,8227
Cera de Carnaúba	$\hat{C}^* = 25,4092 - 0,0809*t + 0,0538*t^2 - 0,0059*t^3$	0,8621
	$\hat{h}^* = 86,2145 + 0,1130*t - 0,0404*t^2 - 0,0020*t^3$	0,8943
PVC	$\hat{C}^* = 25,6632 - 0,5966*t + 0,1874*t^2 - 0,0135*t^3$	0,8105
	$\hat{h}^* = 86,0947 + 1,2263*t - 0,1293*t^2 + 0,0021*t^3$	0,8725
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{C}^* = 25,2520 + 0,1872*t - 0,0218*t^2 - 0,0014*t^3$	0,8170
	$\hat{h}^* = 86,0676 + 1,1565*t - 0,1187*t^2 + 0,0006*t^3$	0,9325
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{C}^* = 25,2806 + 0,1868*t - 0,0721*t^2 + 0,0023*t^3$	0,9410
	$\hat{h}^* = 86,3559 + 1,3405*t - 0,2011*t^2 + 0,0061*t^3$	0,9310

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

A variação dos índices colorimétricos da casca das atemóias com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão polinomial, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação (> 81,05%) (Tabela 2.9).

A variação dos índices colorimétricos da polpa das atemóias com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão polinomial, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação (> 83,16%) (Tabela 2.10.).

Tabela 2.10 - Equações ajustadas aos valores experimentais dos índices colorimétricos croma ( $C^*$ ), ângulo hue ( $h^*$ ) da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\hat{C}^* = 18,3324 + 0,5282*t - 0,0800*t^2 + 0,0045*t^3$	0,9092
	$\hat{h}^* = 79,3342 + 2,1913*t - 0,4532*t^2 + 0,0180*t^3$	0,9032
Fécula de mandioca	$\hat{C}^* = 18,6748 + 0,5292*t - 0,0913*t^2 + 0,0055*t^3$	0,9303
	$\hat{h}^* = 79,5753 + 1,0150*t - 0,1148*t^2 + 0,0025*t^3$	0,8316
Cera de Carnaúba	$\hat{C}^* = 18,3346 + 0,7039*t - 0,1063*t^2 + 0,0063*t^3$	0,9357
	$\hat{h}^* = 80,3547 + 0,5288*t - 0,0794*t^2 + 0,0002*t^3$	0,8761
PVC	$\hat{C}^* = 18,3493 + 1,3047*t - 0,2309*t^2 + 0,0117*t^3$	0,9123
	$\hat{h}^* = 79,6277 + 1,0149*t - 0,2322*t^2 + 0,0087*t^3$	0,9880
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\hat{C}^* = 18,0547 + 1,5230*t - 0,2469*t^2 + 0,0120*t^3$	0,9325
	$\hat{h}^* = 79,2065 + 1,4704*t - 0,3009*t^2 + 0,0116*t^3$	0,9141
PVC + Absorvedor de Etileno	$\hat{C}^* = 18,7397 + 0,4119*t - 0,0626*t^2 + 0,0048*t^3$	0,9720
	$\hat{h}^* = 79,1162 + 1,0704*t - 0,1645*t^2 + 0,0037*t^3$	0,9301

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

### 3.2.2. Diferenças da cor da casca e da polpa das atemóias

A Figura 2.16 mostra o comportamento da diferença total de cor em função do tempo de armazenagem na temperatura de 15°C. A Tabela 2.11 contém as equações de regressão para a diferença total de cor da casca e da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação.

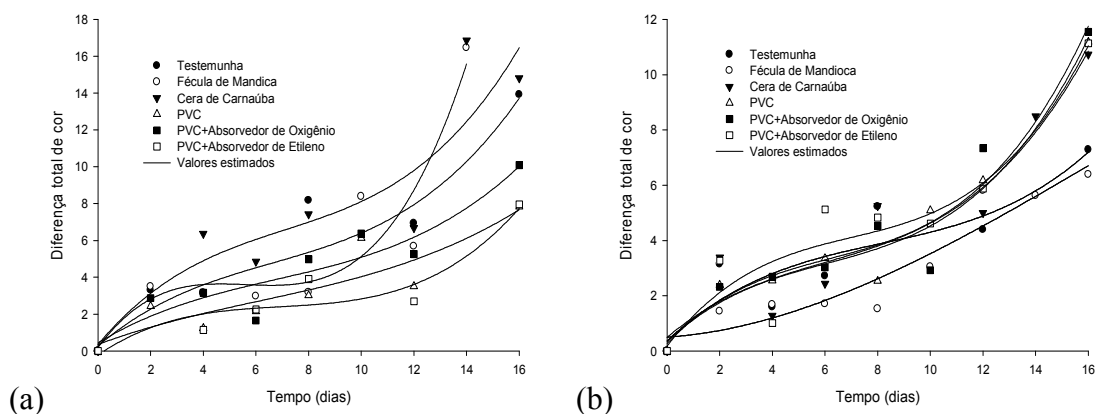


Figura 2.16 - Valores observados e estimados da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) da casca (a) e da polpa (b) das atemóias armazenadas a 15°C.

Observando a Figura 2.16 percebe-se que a diferença total de cor, tanto da casca quanto da polpa, aumentou durante o armazenamento das atemóias, indicando que todos os parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) tiveram uma evolução considerável durante o amadurecimento dos frutos. Nota-se que a diferença total de cor da casca dos frutos foi maior em comparação com sua polpa. Verifica-se também que quanto menor a evolução total da cor melhor foi o método de conservação aplicado as atemóias, confirmando assim que os frutos tratados com embalagens ativas conservaram de forma melhor comparador com os frutos do lote testemunha e dos frutos revestidos com fécula de mandioca e cera de carnaúba. Visualmente, os frutos tratados com embalagens ativas e armazenados a 15°C permaneceram aptos para consumo até o 12º dia de armazenamento, enquanto os frutos do lote testemunha se conservaram aptos para consumo somente até o 8º dia de armazenamento.

O efeito da temperatura de armazenamento a 15°C também foi eficiente em reduzir o aumento da diferença total de cor comparado com os frutos armazenados à 25°C que ao final de 14 dias de armazenamento tiveram em média a diferença total de cor da casca de 21, enquanto que para os frutos armazenados a 15°C a diferença total de cor média foi de 14.

Tabela 2.11 - Equações ajustadas aos valores experimentais da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) da casca e da polpa das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,2694 + 1,2202*t - 0,1224*t^2 + 0,0062*t^3$ $\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,03617 + 0,8915*t - 0,0844*t^2 + 0,0035*t^3$	0,8803 0,8296
Fécula de mandioca	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,1782 + 1,9466*t - 0,3570*t^2 + 0,0212*t^3$ $\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,5006 + 0,0629*t + 0,0299*t^2 - 0,0006*t^3$	0,8774 0,9044
Cera de carnaúba	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,3444 + 1,7068*t - 0,1751*t^2 + 0,0082*t^3$ $\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,4902 + 0,8026*t - 0,0876*t^2 + 0,0049*t^3$	0,8241 0,9074
PVC	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,3508 + 0,5334*t - 0,0362*t^2 + 0,0020*t^3$ $\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,3462 + 0,8854*t - 0,1039*t^2 + 0,0057*t^3$	0,8065 0,9706
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\Delta \hat{E}_{Casca} = 0,4340 + 0,8682*t - 0,0795*t^2 + 0,0039*t^3$ $\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,2697 + 0,9845*t - 0,1180*t^2 + 0,0063*t^3$	0,8808 0,9377
PVC + Absorvedor de Etileno	$\Delta \hat{E}_{Casca} = -0,2233 + 0,9751*t - 0,1290*t^2 + 0,0062*t^3$ $\Delta \hat{E}_{Polpa} = 0,1782 + 1,2242*t - 0,1419*t^2 + 0,0067*t^3$	0,9047 0,8967

\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

As equações ajustadas aos valores experimentais da diferença total de cor da casca e da polpa das atemóias com o tempo de armazenamento foi bem representada pelas equações de regressão polinomial de terceira ordem, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação (> 80,65%) (Tabela 2.11.).

### 3.2.3. Alterações químicas das atemóias

A Figura 2.17 apresenta a evolução dos sólidos solúveis totais (SST) através da escala numérica Brix, durante o armazenamento das atemóias a 15°C, tratadas com revestimentos comestíveis e embalagens ativas.

Os teores de SST tiveram um acréscimo durante o armazenamento para todos os tratamentos avaliados, com valor inicial de 21,24°Brix para os frutos de todos os tratamentos, atingindo valores máximos após 16 dias de armazenamento de 26,38°Brix,

27,88°Brix e 26,00°Brix para os frutos do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca e revestidos com cera de carnaúba respectivamente. É possível observar que o uso de embalagens ativas proporcionou uma lenta evolução dos teores de SST mostrando o efeito do absorvedor de oxigênio e absorvedor de etileno em retardar o amadurecimento dos frutos quando comparado aos frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis, apresentando os seguintes valores máximos 23,22°Brix, 23,66°Brix e 23,77°Brix, nos frutos embalados com PVC, embalados com PVC + Absorvedor de oxigênio e embalados com PVC + Absorvedor de etileno, respectivamente.

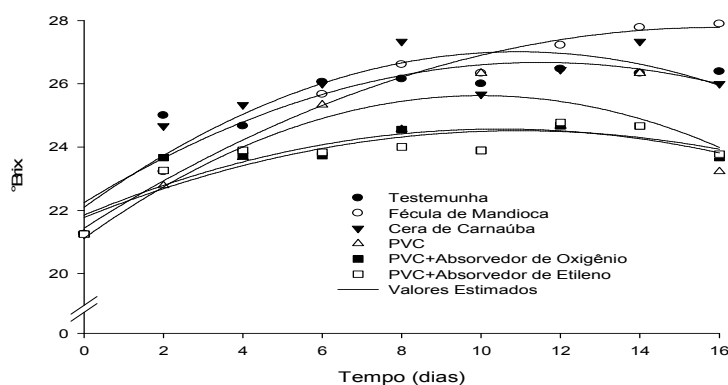


Figura 2.17 - Valores observados e estimados de sólidos solúveis totais (°Brix) em atemóias armazenadas a 15°C.

Segundo Matoo et al. (1995), os sólidos solúveis são compostos, principalmente por sacarose, frutose e glicose. Os polissacarídeos da parede das células são quebrados durante o amadurecimento, observando-se assim a diminuição deste parâmetro durante o processo de amadurecimento de frutas e hortaliças. A maioria dos carboidratos solúveis são completamente metabolizados enquanto o fruto amadurece.

Analisando a Figura 2.17, verifica-se que os frutos as atemóias armazenadas a 15°C tiveram menor acréscimo dos SST comparado com os frutos armazenados a 25°C. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o efeito da temperatura ocorre sobre velocidade das reações enzimáticas que acontecem na respiração, pois obedecem à lei de Van't Hoff, segundo o qual, para cada aumento de 10°C na temperatura, a velocidade das reações químicas e bioquímicas pode duplicar ou até triplicar.

Vários autores determinaram grandes variações do teor de sólidos solúveis em Anonáceas, como se pode observar: em pinha (*Annona squamosa* L.) uma média de

26,7°Brix (PEREIRA et al., 2003) e 22,30°Brix (SANTIAGO et al., 2006); em graviola (*Annona muricata* L.) alcançou 17,6°Brix (LIMA et al., 2002) e a atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *Annona squamosa* L.) entre 15,0 e 24,0°Brix (KAVATI, 1992).

A Figura 2.18 apresenta a evolução da acidez total titulável em % de ácido cítrico, durante o período de armazenagem das atemóias, tratadas com revestimentos comestíveis e embalagens ativas, armazenadas a 15°C.

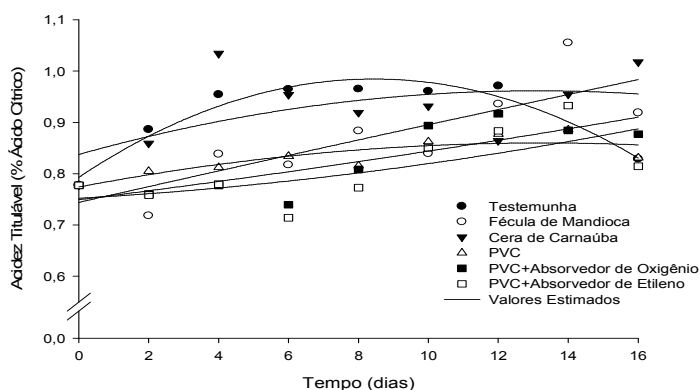


Figura 2.18 - Valores observados e estimados da acidez total titulável das atemóias armazenadas a 15°C.

Analisando a Figura 2.18 percebe-se que houve um acréscimo da acidez total titulável durante o armazenamento para todos os tratamentos avaliados. Os frutos do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca e revestidos com cera de carnaúba tiveram aumento médio de 6,66%, 18,24% e 30,90%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC, PVC+Absorvedor e oxigênio e PVC + Absorvedor de etileno tiveram acréscimo médio de 6,92%, 12,85% e 4,77%, respectivamente. Segundo Lima et al. (2003), esse comportamento é comum nas anonáceas, como em graviola, que coincide com o aumento respiratório e primeiro pico de CO<sub>2</sub>, indicando que pode ser consequência da ativação da glicólise induzida pela colheita, com intensa oxidação de glicose e hidrólise de amido. Em graviola, o amadurecimento do fruto foi estimulado com a liberação de etileno aos três dias após a colheita, por ocasião do primeiro pico respiratório.

Estudos realizados com a pinha (*Annona squamosa*) revelaram aumento nos teores de acidez total em pinha com valores de 0,20% a 0,24% em ácido cítrico, assim como em atemóia foi detectado um aumento de 0,09% ± 0,01% para 0,13% ± 0,01% de

ácido cítrico até o nono dia de armazenamento e em seguida estabilizou (YAMASHITA et al., 2002).

Sendo assim, quanto menor o aumento da acidez total titulável, melhor foi o tratamento aplicado aos frutos das atemóias, confirmando assim que os frutos tratados com embalagens ativas tiveram melhores respostas em inibir o amadurecimento destes, principalmente para os frutos embalados com embalagens ativas contendo absorvedores de etileno, onde a acréscimo da acidez total titulável foi menor.

A evolução do pH durante o período de armazenagem das atemóias, tratadas com revestimentos comestíveis e embalagens ativas, armazenadas a 15°C, segue apresentada na Figura 2.19.

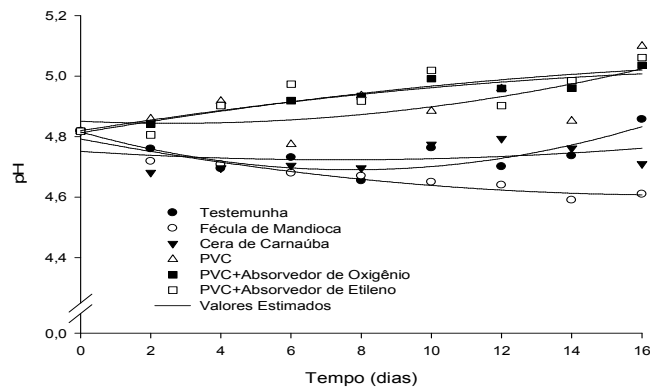


Figura 2.19 - Valores observados e estimados do pH em frutos das atemóias armazenadas a 15°C.

Os frutos do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca e revestidos com cera de carnaúba tiveram decréscimo médio dos valores de pH até o 16º dia de armazenamento de 1,68%, 4,31% e 2,23%, respectivamente. Já os frutos embalados com PVC, PVC + absorvedor de oxigênio e PVC + absorvedor de etileno tiveram acréscimo médio de 5,83%, 4,52% e 5,05%, respectivamente. Esses resultados correspondem ao decréscimo da acidez total titulável desses tratamentos durante o armazenamento a 15°C.

A Tabela 2.12 contém as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de variação dos sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (AT) e pH das atemóias ao longo do armazenamento, bem como seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 2.12 - Equações ajustadas aos valores experimentais dos sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (AT) e pH das atemóias em função do tempo de armazenamento (t), com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Tratamentos	Equação de Regressão	$R^2$
Testemunha	$\widehat{SST} = 22,2396 + 0,7715*t - 0,0336*t^2$	0,9165
	$\widehat{AT} = 0,7929 + 0,0454*t - 0,0027*t^2$	0,9734
	$\widehat{pH} = 4,8154 - 0,0324*t + 0,0021*t^2$	0,8349
Fécula de mandioca	$\widehat{SST} = 21,4345 + 0,7964*t - 0,0250*t^2$	0,9893
	$\widehat{AT} = 0,7441 + 0,0155*t - 0,0031*t^2$	0,8336
	$\widehat{pH} = 4,7920 - 0,0217*t + 0,0006*t^2$	0,9605
Cera de carnaúba	$\widehat{SST} = 22,0914 + 0,9006*t - 0,0412*t^2$	0,9099
	$\widehat{AT} = 0,8376 + 0,0190*t - 0,0007*t^2$	0,7477
	$\widehat{pH} = 4,7513 - 0,0076*t + 0,0005*t^2$	0,7636
PVC	$\widehat{SST} = 21,1087 + 0,9042*t - 0,0453*t^2$	0,8867
	$\widehat{AT} = 0,7741 + 0,0129*t - 0,0005*t^2$	0,8561
	$\widehat{pH} = 4,8508 - 0,0053*t + 0,0010*t^2$	0,7805
PVC + Absorvedor de Oxigênio	$\widehat{SST} = 21,8463 + 0,5195*t - 0,0248*t^2$	0,8779
	$\widehat{AT} = 0,7493 + 0,0085*t + 0,0069*t^2$	0,8235
	$\widehat{pH} = 4,8194 + 0,0183*t - 0,0004*t^2$	0,9469
PVC + Absorvedor de Etileno	$\widehat{SST} = 21,7710 + 0,5011*t - 0,0229*t^2$	0,9035
	$\widehat{AT} = 0,7521 + 0,0039*t + 0,0003*t^2$	0,7865
	$\widehat{pH} = 4,8124 + 0,0195*t - 0,0004*t^2$	0,8309

\*Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

As equações ajustadas aos valores experimentais dos sólidos solúveis totais, acidez total titulável e pH com o tempo de armazenamento foram bem representadas pelas equações de regressão polinomial de terceira ordem, apresentando elevados valores de coeficiente de determinação (> 74,77%) (Tabela 2.12).

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foram realizados os experimentos, conclui-se que:

- O croma, ângulo hue e a diferença total de cor da casca e da polpa apresentaram diferenças entre os tratamentos avaliados e a testemunha, e os frutos tratados com embalagens ativas conservaram melhor as atribuições durante o armazenamento;
- Verificou-se a partir da análise das coordenadas colorimétricas que os frutos tratados com embalagens ativas tiveram menor evolução desses parâmetros, indicando que foram os tratamentos mais eficazes em retardar o amadurecimento das atribuições, e que as embalagens ativas contendo absorvedores de etileno foram mais eficientes em preservar a qualidade das atribuições;
- Os teores de sólidos solúveis totais tiveram menor acréscimo para os frutos tratados com embalagens ativas e armazenados na temperatura de 15°C;
- A acidez titulável total apresentou um incremento durante o armazenamento a 15°C, já no armazenamento a 25°C a acidez diminuiu, tendo os frutos tratados com embalagens ativas menor evolução da acidez;
- O pH dos frutos tratados com embalagens ativas e armazenados a 15°C sofreu menor evolução seguiram o comportamento da acidez, na medida que a acidez aumenta o pH diminui e vice-versa;
- Para todos os parâmetros avaliados concluiu-se que os frutos da atribuição tratados com embalagens ativas contendo absorvedores de etileno e armazenados a 15°C tiveram o amadurecimento controlado, preservando por maior tempo a qualidade necessária para comercialização.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOSCA, J.L. Colheita e pós-colheita de anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MORAIS, O.M. et al. **Anonáceas: produção e mercado** (pinha, graviola, atribuição e cherimólia). Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1997. p. 240-256.

AMARANTE, C.; BANKS, N.; GANESH, S. Effects of coating concentration, ripening stage, water status and fruit temperature on pear susceptibility to surface discoloration. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 283-290, 2001.

ANDRADE, E.H.A. et al. Chemical characterization of the fruit of *Annona squamosa* L. occurring in the Amazon. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, n. 2, p. 227-232, 2001.

ANDRÉS-AGUSTÍN, J. et al. Morphometry of the organs of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) and analysis of fruit parameters for the characterization of cultivars, and Mexican germplasm selections. **Scientia Horticulturae**, v. 107, n. 4, p. 337-346, 2006.

BEERH, O.P.; GIRIDHAR. N.; RAGHURAMAIAH, B. Custard apple (*Annona squamosa* L.) - Part I - Physico-morphological characters and chemical composition. **Indian Food Packer**, v. 3, p. 37, 1983.

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

FERRER, A.; REMÓN, S.; NEGUERUELA, A.I.; ORIA, R. Changes during ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda Feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 435-446, 2005.

GOÑI, O. et al. Changes in water status of cherimoya fruit during ripening. **Postharvest Biology and Technology**. v. 45, n. 1, p. 147-150, 2007.

HAGENMAIER, R.D. Evaluation of a polyethylene-candelilla coating for 'Valencia' oranges. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 147-154, 2000.

HOBSON, G.E.; DAVIES, J.N. The tomato. In: HULME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, v. 2, p. 437-482, 1971.

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. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, v. 398, p. 59-67, 1995.

KAVATI, R. O cultivo da atemóia. In: DONADIO, L.C.; MARTINS, A.B.G.; VALENTE, J.P. **Fruticultura tropical**. Jaboticabal: Funep, 1992. p. 39-70.

LIMA, M.A.C.; SILVA, A.L.; SANTOS, P.S.; AZEVEDO, S.S.N. Época de aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno e frigoarmazenamento na vida útil de manga 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 445-450, 2007.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 26, n. 3, p. 433-437, 2004.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; ENÉAS-FILHO, J. Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (*Annona muricata* L.) 'morada' sob temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 49-52, 2003.

LIMA, M.A.C.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Avaliação da qualidade e da suscetibilidade ao escurecimento oxidativo de graviola (*Annona muricata* L.) durante a maturação pós-colheita. **Soc. Trop. Hort.**, v. 46, p. 23-26, 2002.

MARTINÉZ, G. et al. Ethylene biosynthesis and physico-chemical changes during fruit ripening of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 4, p. 477-483, 1993.

MENDONÇA, K. et al. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão "Siciliano". **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, V. 6, n. 2, p.179-183, jul/dez. 2003.

MOURA, C.F.H.; FIGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E. **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: UNESP/SBF, 2000. p. 102-113.

MOSCA, J.L.; LIMA, G.P.P. Desenvolvimento de frutos de atemóia (*Annona cherimola* L. x *Annona squamosa* L.) cv. Gefner. Disponível em: <[http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo\\_1577.pdf](http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1577.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2008.

MOSCA, J.L.; CAVALCANTE, C.E.B.; DANTAS, T.M. Características botânicas das principais anonáceas e aspectos fisiológicos de maturação. **Fortaleza**: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. p. 28.

MOSCA, J.L.; SILVA, L.O.; MENDONÇA, P.S.; ALMEIDA, A.S.; ALVES, R.E.; MIRANDA, M.R.A. Desenvolvimento de tecnologia para conservação pós-colheita de ata (*Annona squamosa*). **Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.**, n. 47, p. 114-118, 2003.

MOSCA, J.L. **Desenvolvimento, maturação e armazenamento de atemoia (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa* L.) cv. Gefner**. 2002. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

OLIVEIRA, G.H.H.; CORRÊA, P.C.; BAPTESTINI, F.M.; FREITAS, R.L.; VASCONCELLOS, D.S.L. Controle do amadurecimento de goiabas 'Pedro Sato' tratadas por frio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 9, p. 1-15, 2010.

PAULL, R.E. Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 4, p. 582-585, 1982.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Heat treatment and fruit ripening. **Postharv. Biol. Technol.**, v. 21, p. 21-37, 2000.

PEREIRA, M.C.T.; NIETSCHKE, S.; SANTOS, F.S.; XAVIER, A.A.; CUNHA, L.M.V. da; NUNES, C.F.; SANTOS, F.A. Efeito de horários de polinização artificial no pegamento e qualidade de frutos de pinha (*Annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 203-205, 2003.

PEROSA, J.M.Y.; PIERRE, F.C. Técnicas pós-colheita e expansão da cultura da manga no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 381-384, 2002.

SACRAMENTO, C.K. et al. Caracterização física e química de frutos de três tipos de gravioleira (*Annona muricata* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 329-331, 2003.

SANTIAGO, A.S.; FLORIANO, C.M.; CONEGLIAN, R.C.C.; VASCONCELOS, M.A.S.; VITAL, H.C. Avaliação da qualidade pós-colheita de frutos de pinha (*Annona squamosa* L.) submetidos a diferentes tratamentos. **Agronomia**, v. 40, n. 1-2, p. 21-26, 2006.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman e Hall, 1993. p. 152-187.

SHEWFELT, R.L. Measuring quality and maturity. In: SHEWFELT, R.L.; PRUSSIA, S.E. (Eds.). **Postharvest handling: a systems approach**. New York: Academic Press, 1993. p. 99-124.

SILVA, J.M.; MIZOBUTSI, G.P.; MAIA, V.M.; MIZOBUTSI, M.H.M.C.; SILVA, G.M.C.; GUIMARÃES, T.T.D.; FARIAS, C.P. Prolongamento da vida útil e preservação da qualidade pós-colheita de pinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21, 2010, Natal. **Anais...** Natal, 2010.

SILVA, A.V.C.; ANDRADE, D.G.A.; YAGUIU, P.; CARNELOSSI, M.A.G.; MUNIZ, E.N.; NARAIN, N. Uso de embalagens e refrigeração na conservação de atemóia. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 300-304, 2009.

SILVA, S.M.; MARTINS, L.P.; SANTOS, J.G.S.; ALVES, R.E. Conservação pós-colheita de frutos de graviola (*Annona muricata* L.) sob atmosfera modificada. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 4, n. 1, p. 6-12, 2001.

STENZEL, N.M.C.; MURATA, I.M.; NEVES, C.S.V.J. Superação da dormência em sementes de atemóia e fruta-do-conde. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 305-308, 2003.

TOKUNAGA, T. **A cultura da atemóia**. Campinas: CATI, 2000. 80 p. (Boletim Técnico, 233).

VILA, M.T.R. et al. Pós-colheita de pinha armazenada sob atmosfera modificada com refrigeração. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1., 2005, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: SBPCFT, 2005.

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

XU, S.; CHEN, X.; SUN, D.W. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 50, n. 4, p. 211-216, 2001.

YAMASHITA, F. et al. Effects of packaging and temperature on postharvest of atemoya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 658-660, 2002.

## 6. ANEXO

Tabelas com os respectivos testes de média das variáveis coordenadas L\*, a\* e b\* da casca e da polpa das atemóias e das variáveis pH, acidez titulável e Brix da polpa das atemóias armazenada a 25 e 15°C.

Tabela 1A - Valores médios das coordenadas L\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	L*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	44,20a	44,20a	44,20a	44,20a	44,20a	44,20a
2	45,24a	45,52a	42,47b	46,95a	45,31a	45,82a
4	43,23a	42,82a	40,71b	42,89a	43,71a	43,12a
6	39,87b	39,78b	39,81b	43,76a	43,59a	42,95a
8	39,74c	35,50d	64,74a	43,72b	42,26b	39,70c
10	37,67b	36,01b	34,66b	41,31a	40,81a	41,06a
12		32,48b	32,21b	34,58a	35,30a	31,99b
14		30,23b		31,45b	31,44b	33,24a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2A - Valores médios das coordenadas a\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	a*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	-3,48a	-3,48a	-3,48a	-3,48a	-3,48a	-3,48a
2	-2,64a	-2,60a	-1,62a	-3,19a	-3,32a	-3,04a
4	-1,85a	-2,14a	-0,15a	-2,12a	-2,23a	-2,55a
6	0,59b	1,20a	0,76a	-1,88b	-1,15b	-1,41b
8	1,51b	5,14a	3,02a	-0,42c	-0,14c	1,53c
10	3,85a	4,46a	5,10a	1,17b	1,65b	1,48b
12		6,25a	5,83a	6,95a	6,30a	7,46a
14		8,24a		6,84a	7,76a	6,82a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3A - Valores médios das coordenadas b\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	b*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	22,30a	22,30a	22,30a	22,30a	22,30a	22,30a
2	23,44a	23,23a	21,57b	26,09a	22,50b	22,51b
4	21,14a	21,22a	22,12a	20,89a	22,27a	21,09a
6	18,55b	18,52b	20,23a	22,01a	21,24a	21,57a
8	17,58b	12,40c	18,02b	22,37a	21,67a	17,69b
10	12,80b	13,67b	15,79b	19,82a	19,39a	19,67a
12		9,98a	11,77a	13,12a	12,21a	10,42a
14		8,24a		7,62b	7,00b	10,89a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4A - Valores médios das coordenadas L\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	L*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	70,41a	70,41a	70,41a	70,41a	70,41a	70,41a
2	45,24b	68,30a	66,48a	69,64a	68,51a	68,76a
4	64,44a	67,80a	64,61a	67,53a	68,00a	67,86a
6	64,10a	66,08a	66,01a	68,28a	68,12a	67,92a
8	63,80a	64,50a	64,74a	64,05a	63,35a	65,20a
10	61,37a	61,37a	63,22a	60,96a	62,44a	64,72a
12		56,02a	57,46a	54,56a	54,76a	56,57a
14		57,01a		61,70a	54,91b	58,01a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5A - Valores médios das coordenadas a\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	a*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	1,29a	1,29a	1,29a	1,29a	1,29a	1,29a
2	-2,64b	1,38a	1,59a	1,07a	1,21a	1,22a
4	1,64a	1,41a	1,72a	1,03a	1,05a	0,94a
6	1,50a	1,83a	1,48a	1,09a	1,15a	1,23
8	1,74a	3,38a	3,02a	3,37a	4,53a	2,92a
10	3,98b	5,85a	3,69b	7,35a	5,30a	3,05b
12		8,65b	5,72b	11,57a	11,23a	10,14a
14		9,04a		6,32b	11,91a	8,73b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6A - Valores médios das coordenadas b\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	b*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	13,59a	13,59a	13,59a	13,59a	13,59a	13,59a
2	15,44a	14,59a	15,55a	14,72a	15,08a	15,14a
4	17,58a	15,45a	17,42a	16,00a	16,16a	15,96a
6	16,87a	17,73a	17,19a	18,48a	18,55a	18,71a
8	17,86b	16,79b	18,02b	22,61a	21,82a	22,23a
10	19,94a	20,12a	19,66a	21,50a	21,67a	21,24a
12		21,35a	21,21a	22,34a	21,60a	21,93a
14		19,68a		20,21a	21,16a	20,66a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7A - Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	Tratamentos					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	14,67a	14,67a	14,67a	14,67a	14,67a	14,67a
2	21,72a	16,61b	20,11a	17,44b	17,78b	17,56b
4	23,33a	16,89d	20,33b	18,33c	18,33c	18,89c
6	20,67a	19,33a	20,78a	16,33b	19,11a	17,56b
8	19,00a	20,11a	19,76a	18,56b	19,40a	17,76b
10	20,60a	19,11a	19,67a	17,11b	17,67b	17,67b
12	-	18,33b	22,33a	18,33b	17,67b	17,11b
14	-	19,25a	-	15,00c	17,00b	18,00b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8A - Valores médios da acidez total titulável em frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	Tratamentos					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	0,83a	0,83a	0,83a	0,83a	0,83a	0,83a
2	0,94a	0,69a	0,88a	0,63a	0,68a	0,61a
4	1,01a	0,51a	0,76a	0,67a	0,62a	0,71a
6	0,63a	0,53a	0,54a	0,51a	0,54a	0,53a
8	0,65a	0,56a	0,55a	0,54a	0,62a	0,62a
10	0,73a	0,53a	0,62a	0,52a	0,61a	0,63a
12	-	0,58a	0,96a	0,54a	0,59a	0,55a
14	-	0,53a	-	0,61a	0,50a	0,64a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 9A - Valores médios do pH em frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 25°C

Tempo (dias)	Tratamentos					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	5,07a	5,07a	5,07a	5,07a	5,07a	5,07a
2	4,61b	5,16a	4,81b	5,14a	5,03a	5,07a
4	4,74b	5,30a	5,03a	5,19a	5,21a	5,26a
6	4,97b	5,28a	5,14a	5,40a	5,29a	5,34a
8	4,97b	5,20a	5,13a	5,29a	5,25a	5,26a
10	4,88b	5,30a	5,11a	5,32a	5,25a	5,23a
12		5,28a	4,92b	5,28a	5,24a	5,30a
14		5,32a		5,37a	5,28a	5,18a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10A - Valores médios das coordenadas L\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	L*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	46,76a	46,76a	46,76a	46,76a	46,76a	46,76a
2	44,08b	49,62a	40,33c	44,91b	44,31b	42,94b
4	44,38b	48,08a	41,85b	46,46b	45,40b	47,23a
6	46,74a	46,16a	44,19a	46,62a	46,44a	45,50a
8	40,85b	46,15a	41,18b	44,80a	43,27a	44,73a
10	35,20b	43,70a	37,26b	42,42a	41,41a	40,42a
12	42,61b	41,97b	42,57b	45,30a	43,91b	46,55a
14	29,96c	46,82a	34,04c	32,91c	30,66c	38,50b
16	42,14c	37,09d	43,50c	50,97a	45,43b	47,23b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 11A - Valores médios das coordenadas a\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	a*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	-1,86a	-1,86a	-1,86a	-1,86a	-1,86a	-1,86a
2	0,12a	-1,34b	1,24a	-0,53b	-0,49b	-0,11b
4	-0,23b	0,95a	2,18a	-0,76b	0,94a	-0,91b
6	-0,25b	0,86a	1,85a	-0,23b	-0,52b	-0,93b
8	1,38b	1,27b	3,00a	0,19b	1,15b	0,81b
10	4,32a	5,66a	4,22a	1,76c	0,87c	2,54b
12	3,01a	4,64a	3,22a	1,27b	2,31b	0,70c
14	6,26a	3,25b	5,52a	7,18a	3,39b	2,68b
16	4,40a	5,87a	4,70a	3,35b	3,94b	2,96b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 12A - Valores médios das coordenadas b\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	b*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	25,56a	25,56a	25,56aA	25,56a	25,56a	25,56a
2	25,54a	27,52a	24,79aA	24,71a	24,95a	24,34a
4	24,36a	26,18a	25,14aA	26,03a	25,07a	25,99a
6	27,06a	24,52a	27,37aA	26,95a	26,48a	23,95b
8	20,94b	25,52a	25,00aA	24,54a	23,67a	23,57a
10	17,22b	23,47a	20,38aB	23,21a	23,43a	21,97a
12	22,88a	19,16b	24,46aA	24,98a	24,07a	24,74a
14	12,69c	23,07a	17,32bC	14,23c	16,56b	19,96b
16	14,02c	14,70c	12,68dD	21,49a	17,41b	19,24b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 13A - Valores médios das coordenadas L\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	L*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	65,77a	65,77a	65,77a	65,77a	65,77a	65,77a
2	63,06a	66,04a	63,13a	63,99a	63,62a	62,78 <sup>a</sup>
4	64,21a	66,50a	64,63a	63,56a	64,03a	65,73 <sup>a</sup>
6	63,45a	64,90a	63,86a	63,01a	64,08a	58,59b
8	61,04a	65,43a	61,77a	63,70a	62,35a	61,81 <sup>a</sup>
10	57,28c	63,89a	54,37c	61,67a	63,49a	58,36b
12	62,11a	60,91a	61,66a	60,26a	59,63a	61,42 <sup>a</sup>
14	50,13c	61,39a	57,95b	51,72c	53,30c	54,45b
16	66,50b	60,55c	65,35b	63,38c	69,87a	68,39 <sup>a</sup>

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 14A - Valores médios das coordenadas a\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	a*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	3,24a	3,24a	3,24a	3,24a	3,24a	3,24a
2	2,50a	3,40a	2,37a	3,73a	3,31a	3,58a
4	2,96a	2,14a	2,84a	3,20a	3,36a	2,92a
6	3,38a	3,16a	3,08a	3,47a	3,92a	3,56a
8	4,37a	2,12b	4,63a	3,34a	4,57a	4,20a
10	5,04a	3,50b	3,86b	4,63a	3,68b	5,32a
12	3,89b	4,12b	4,13b	5,47a	6,19a	4,81b
14	8,24a	4,53b	6,57b	7,56a	7,03a	6,94a
16	7,24b	5,07c	9,85a	9,71a	8,68a	8,01b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 15A - Valores médios das coordenadas b\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	b*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	18,29a	18,29a	18,29a	18,29a	18,29a	18,29a
2	16,88b	19,70a	16,37b	19,81a	19,15a	19,56a
4	18,16b	17,25c	18,69b	19,56a	20,33a	19,25a
6	19,71a	19,75a	19,80a	20,17a	20,71a	18,79b
8	20,22a	17,32c	21,41a	19,73b	20,96a	20,88a
10	19,40b	20,68a	17,28c	20,95a	20,06a	21,16a
12	20,63a	21,36a	21,00a	19,97b	21,05a	21,92a
14	20,08a	21,58a	18,59b	20,46a	21,20a	20,13a
16	24,34b	21,50c	26,74a	27,11a	27,62a	28,01a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 16A - Valores médios das coordenadas L\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	L*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	46,76a	46,76a	46,76a	46,76a	46,76a	46,76a
2	44,08b	49,62a	40,33c	44,91b	44,31b	42,94b
4	44,38b	48,08a	41,85b	46,46b	45,40b	47,23a
6	46,74a	46,16a	44,19a	46,62a	46,44a	45,50a
8	40,85b	46,15a	41,18b	44,80a	43,27a	44,73a
10	35,20b	43,70a	37,26b	42,42a	41,41a	40,42a
12	42,61b	41,97b	42,57b	45,30a	43,91b	46,55a
14	29,96c	46,82a	34,04c	32,91c	30,66c	38,50b
16	42,14c	37,09d	43,50c	50,97a	45,43b	47,23b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 17A - Valores médios das coordenadas a\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	a*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	-1,86a	-1,86a	-1,86a	-1,86a	-1,86a	-1,86a
2	0,12a	-1,34b	1,24a	-0,53b	-0,49b	-0,11b
4	-0,23b	0,95a	2,18a	-0,76b	0,94a	-0,91b
6	-0,25b	0,86a	1,85a	-0,23b	-0,52b	-0,93b
8	1,38b	1,27b	3,00a	0,19b	1,15b	0,81b
10	4,32a	5,66a	4,22a	1,76c	0,87c	2,54b
12	3,01a	4,64a	3,22a	1,27b	2,31b	0,70c
14	6,26a	3,25b	5,52a	7,18a	3,39b	2,68b
16	4,40a	5,87a	4,70a	3,35b	3,94b	2,96b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 18A - Valores médios das coordenadas b\* da casca de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	b*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	25,56a	25,56a	25,56a	25,56a	25,56a	25,56a
2	25,54a	27,52a	24,79a	24,71a	24,95a	24,34a
4	24,36a	26,18a	25,14a	26,03a	25,07a	25,99a
6	27,06a	24,52a	27,37a	26,95a	26,48a	23,95b
8	20,94b	25,52a	25,00a	24,54a	23,67a	23,57a
10	17,22b	23,47a	20,38a	23,21a	23,43a	21,97a
12	22,88a	19,16b	24,46a	24,98a	24,07a	24,74a
14	12,69c	23,07a	17,32b	14,23c	16,56b	19,96b
16	14,02c	14,70c	12,68d	21,49a	17,41b	19,24b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 19A - Valores médios das coordenadas L\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	L*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	65,77a	65,77a	65,77a	65,77a	65,77a	65,77a
2	63,06a	66,04a	63,13a	63,99a	63,62a	62,78a
4	64,21a	66,50a	64,63a	63,56a	64,03a	65,73a
6	63,45a	64,90a	63,86a	63,01a	64,08a	58,59b
8	61,04a	65,43a	61,77a	63,70a	62,35a	61,81a
10	57,28c	63,89a	54,37c	61,67a	63,49a	58,36b
12	62,11a	60,91a	61,66a	60,26a	59,63a	61,42a
14	50,13c	61,39a	57,95b	51,72c	53,30c	54,45b
16	66,50b	60,55c	65,35b	63,38c	69,87a	68,39a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 20A - Valores médios das coordenadas a\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	a*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	3,24a	3,24a	3,24a	3,24a	3,24a	3,24a
2	2,50a	3,40a	2,37a	3,73a	3,31a	3,58a
4	2,96a	2,14a	2,84a	3,20a	3,36a	2,92a
6	3,38a	3,16a	3,08a	3,47a	3,92a	3,56a
8	4,37a	2,12b	4,63a	3,34a	4,57a	4,20a
10	5,04a	3,50b	3,86b	4,63a	3,68b	5,32a
12	3,89b	4,12b	4,13b	5,47a	6,19a	4,81b
14	8,24a	4,53b	6,57b	7,56a	7,03a	6,94a
16	7,24b	5,07c	9,85a	9,71a	8,68a	8,01b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 21A - Valores médios das coordenadas b\* da polpa de frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	b*					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	18,29a	18,29a	18,29a	18,29a	18,29a	18,29a
2	16,88b	19,70a	16,37b	19,81a	19,15a	19,56a
4	18,16b	17,25c	18,69b	19,56a	20,33a	19,25a
6	19,71a	19,75a	19,80a	20,17a	20,71a	18,79b
8	20,22a	17,32c	21,41a	19,73b	20,96a	20,88a
10	19,40b	20,68a	17,28c	20,95a	20,06a	21,16a
12	20,63a	21,36a	21,00a	19,97b	21,05a	21,92a
14	20,08a	21,58a	18,59b	20,46a	21,20a	20,13a
16	24,34b	21,50c	26,74a	27,11a	27,62a	28,01a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 22A - Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) em frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	Tratamentos					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	21,24a	21,24a	21,24a	21,24a	21,24a	21,24 <sup>a</sup>
2	25,00a	23,22a	24,67a	22,78a	23,67a	24,00a
4	24,67a	23,89a	25,33a	23,67a	23,72a	24,56 <sup>a</sup>
6	26,06a	25,67a	26,00a	25,33a	23,72a	23,83 <sup>a</sup>
8	26,00a	26,61a	27,33a	22,78b	23,33b	24,00b
10	26,00a	26,33a	25,67a	26,33a	23,89b	23,89b
12	26,47a	27,22a	26,44a	24,67b	24,67b	24,78b
14	26,33a	27,78a	27,33a	26,33a	24,67b	24,67b
16	26,39a	27,89a	26,00a	23,22b	23,67b	23,78b

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 23A - Valores médios da acidez total titulável (%) em frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	Tratamentos					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	0,78a	0,78a	0,78a	0,78a	0,78a	0,78a
2	0,91a	0,72a	0,86a	0,80a	0,76a	0,76a
4	0,96a	0,84a	1,03a	0,88a	0,78b	0,78b
6	0,96a	0,82a	0,95a	0,83a	0,74b	0,71b
8	0,97a	0,88a	0,92a	0,79a	0,81a	0,77a
10	0,96a	0,84a	0,93a	0,86a	0,89a	0,85a
12	1,08a	0,94a	0,86a	0,88a	0,92a	0,88a
14	1,31a	1,06a	0,95a	0,89b	0,80b	0,93b
16	0,83a	0,92a	1,02a	0,83a	0,88a	0,81a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 24A - Valores médios do pH em frutos da atemóia do lote testemunha, revestidos com fécula de mandioca, revestidos com cera de carnaúba, embalados com filme de PVC, embalados com PVC+Absorvedor de oxigênio, embalados com PVC+Absorvedor de etileno, armazenados a 15°C

Tempo (dias)	Tratamentos					
	TE	FM	CC	PVC	PVC+AO	PVC+AE
0	4,82a	4,82a	4,82a	4,82a	4,82a	4,82a
2	4,76a	4,72a	4,68a	4,86a	4,84a	4,81a
4	4,69b	4,71b	4,70b	4,92a	4,90a	4,90a
6	4,73c	4,34d	4,70c	4,77b	4,92a	4,97a
8	4,65b	4,48c	4,70b	4,94a	4,93a	4,92a
10	4,76b	4,52c	4,77b	4,88a	4,99a	5,02a
12	4,70b	4,59c	4,79b	4,96a	4,96a	4,90a
14	4,74b	4,35c	4,76b	4,85a	4,96a	4,99a
16	4,86b	4,55c	4,71b	5,10a	5,04a	5,06a

Valores são a média de 27 leituras em cada condição de experimento e tempo de armazenamento. Para a mesma variável, as médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CAPÍTULO 3

### EFEITO DE TRATAMENTOS PÓS-COLHEITAS SOBRE O COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DOS FRUTOS DE ATEMÓIAS DURANTE O ARMAZENAMENTO EM DUAS TEMPERATURAS

#### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma considerável biodiversidade de fruteiras, sendo alta a potencialidade de suas frutas (FERNANDES et al., 2010), possui mais de 20 pólos de fruticultura distribuídos nas regiões Norte (Amazônia), Sul (frutas de clima temperado) e Nordeste (culturas irrigadas no semi-árido). Várias frutas dessas regiões apresentam composição em aroma e compostos funcionais de grande valor, particularmente as frutas ricas em antioxidantes naturais como carotenóides, polifenóis e ácido ascórbico (OLIVEIRA et al., 2009).

A atemóia (*Annona squamosa* x *Annona cherimola*) é um fruto híbrido derivado do cruzamento entre um fruto tropical, a fruta-do-conde ou ata (*Annona squamosa*), muito cultivada no Brasil e em regiões de clima quente, e um fruto subtropical, a cherimoia (*Annona cherimola*), nativa das regiões andinas do Chile, Peru, Bolívia, Equador e em locais de clima ameno (BONAVENTURE, 1999; TOKUNAGA, 2000). Sua origem data de 1908, quando o primeiro cruzamento artificial foi realizado no “United States Department of Agriculture’s Subtropical Laboratory”, em Miami (MORTON, 1987). O resultado foi um fruto mais resistente às condições tropicais, com bastante polpa, poucas sementes e de casca mais regular, que herdou o apreciado sabor da cherimoia e apresentou qualidade superior à fruta-do-conde (SIMÃO, 1998). Durante um longo período houve certo desinteresse pelo fruto, porém, na década de 1940, foram iniciados, em Israel, estudos visando a padronizar sua propagação (MORTON, 1987).

A atemóia apresenta, durante o amadurecimento, separação dos carpelos, podendo ocorrer rachaduras no fruto. Segundo Paull (1996), o número de rachaduras na atemóia aumenta com o pico respiratório, produção de etileno, aumento na concentração de sólidos solúveis, perda de peso, diminuição na circunferência do fruto e diâmetro do pedúnculo. O autor sugere que mudanças na pressão osmótica e turgor, relacionadas à produção de açúcares durante o amadurecimento, causam uma movimentação de água resultando em rachaduras, o que poderia ser evitado reduzindo-se a perda de água pelo uso de ceras e, ou, embalagens.

A utilização de películas comestíveis tem sido bastante explorada para revestimento de frutas e hortaliças frescas, visando minimizar a perda de umidade e reduzir as taxas de respiração, além de conferir aparência brilhante e atraente (AZEREDO, 2003). A função a ser desempenhada pelo filme depende do produto alimentício e principalmente do tipo de deterioração a que este produto está submetido (MAIA et al., 2000). Os compostos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis são as proteínas (gelatina, caseína, ovoalbumina, glúten de trigo, zeína e proteínas miofi brilares), os polissacarídeos (amido e seus derivados, pectina, celulose e seus derivados, alginato e carragena), os lipídios (monoglicéridos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) ou a combinação destes compostos, o que permite utilizar vantajosamente as distintas características funcionais de cada classe (LUVIELMO, 2012).

A manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos é fundamental para o desenvolvimento da fruticultura brasileira. A modificação da atmosfera, com o uso de embalagens ativas contendo absorvedores do hormônio etileno e absorvedores de oxigênio, além de retardar o amadurecimento dos frutos tem um efeito complementar à refrigeração, permitindo a utilização de temperaturas mais baixas para a conservação dos mesmos. A utilização de técnicas mais eficientes incentiva o crescimento nas exportações de frutos tropicais como a Atemóia, além de melhorar as condições de distribuição desses produtos no mercado interno.

Consumidores mais exigentes e com maior poder de compra têm estimulado o desenvolvimento de produtos, aperfeiçoamento dos processos e melhorias da qualidade dos produtos agrícolas, resultando na adaptação de sistemas e equipamentos industriais (GRANJEIRO et al., 2007). Dessa forma, as indústrias processadoras de frutas têm tido a preocupação em melhorar e automatizar a produção desses produtos. Durante o processamento, as polpas de fruta apresentam variações em suas temperaturas. Estas são submetidas a operações unitárias como bombeamento, transferência de calor, evaporação, secagem e pulverização. Para um correto dimensionamento, operação e controle de um processo, o conhecimento das propriedades reológicas destes produtos é de fundamental importância (CABRAL et al., 2007).

O comportamento reológico representa o comportamento mecânico dos materiais quando em processo de deformação. Importantes nos fenômenos relacionados à transferência de massa que tem lugar nos processos industriais, as características reológicas são também imprescindíveis na otimização, no controle e nos cálculos de

processos. Esses conhecimentos servem, igualmente, para o desenvolvimento de produtos e correlação entre os parâmetros físicos e sensoriais, além de serem importantes no controle de qualidade e testes de tempo de armazenamento de produtos (TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005).

A importância do conhecimento do comportamento reológico dos derivados de frutas está na sua utilização como medida de qualidade além de ser indispensável em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos, porém de essencial importância na economia de energia (HAMINIUK, 2011). Muitas das propriedades texturais que os humanos percebem quando consomem alimentos são basicamente reológicas, isto é, cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza. A estabilidade e aparência dos alimentos frequentemente dependem das características reológicas (VANDRESSEN, 2007).

As propriedades físicas dos frutos são utilizadas na avaliação de sua textura, contribuindo para o desenvolvimento de métodos objetivos visando ao controle da qualidade, tanto de produtos inteiros quanto processados. Dentre essas propriedades, o comportamento reológico é um dos mais importantes, não sendo somente utilizado como medida de qualidade, mas também em projetos, avaliação e operação de equipamentos presentes nas várias operações unitárias da cadeia produtiva.

Os principais testes reológicos para avaliação da textura em alimentos incluem a punção, penetração, compressão, cisalhamento e relaxação (BOURNE, 2002). Assim, mudanças na textura dos frutos durante o amadurecimento podem ser monitoradas e avaliadas, objetivamente, por meio destes testes. Além disso, modelos matemáticos podem descrever a variação das propriedades reológicas durante o processo de amadurecimento, fornecendo não somente índices práticos de textura, mas também características subjacentes aos processos de amadurecimento.

Na literatura estão disponíveis diversas pesquisas envolvendo o estudo reológico de polpas e sucos de frutas (SILVA et al., 2005; TORALLES et al., 2006; VIDAL et al., 2006; SATO; CUNHA, 2007; GRANGEIRO et al., 2007; FERNANDES et al., 2008; BEZERRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009b; RIGO et al., 2010; HAMINIUK et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011), no entanto pouco se sabe sobre a comportamento reológico da polpa de atemóia.

Diante da necessidade de manter a qualidade comercial de atemóias por um tempo maior de armazenamento para facilitar a comercialização das mesmas, objetivou-se com este trabalho verificar a influência do uso de revestimentos comestíveis e

embalagens ativas na qualidade dos frutos durante o armazenamento a 15°C e 25°C, através da avaliação do comportamento reológico da polpa de atemóia, relacionando essa propriedade com o estágio de amadurecimento dos frutos.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR) e no Laboratório de Ciência de Produtos de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos, localizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, MG.

### **2.1. Matéria-prima**

Foram utilizados atemóias do cultivar ‘Gefner’, provenientes do município de Janaúba, Norte de Minas Gerais, colhidos manualmente no estágio de maturação verde maduro. Os frutos foram posteriormente selecionados, retirando-se aqueles com danificações ou injúrias visíveis, a fim de se obter amostras homogêneas e de melhor qualidade.

### **2.2. Aplicação dos tratamentos pós-colheita**

Após a seleção os frutos foram divididos em seis lotes:

- (FM) tratados com aplicação de revestimento comestível de fécula de mandioca;
- (CC) tratados com aplicação de revestimento comestível de cera de carnaúba;
- (PVC) embalados com filme de PVC (policloreto de vinila);
- (PVC+AO) embalados com filme de PVC + absorvedor de oxigênio;
- (PVC+AE) embalados com filme de PVC + absorvedor de etileno;
- (TE) sem tratamento, lote testemunha.

Para aplicação do revestimento comestível de fécula de mandioca foi preparada uma solução de 4% (m/m) deste produto e 1% (m/m) de glicerol, por meio de aquecimento com agitação das suspensões até 70°C, de modo a ocorrer a gelatinização da fécula. Em seguida, a suspensão permaneceu em repouso até o resfriamento à

temperatura ambiente. Os frutos foram imersos nas suspensões por 1 minuto e colocados para secar naturalmente em bandejas teladas por aproximadamente 10 horas à temperatura ambiente ( $\pm 22^{\circ}\text{C}$ ).

Na aplicação do revestimento comestível de cera de carnaúba foi utilizada base de cera de carnaúba (*Fruit wax*) 18%, diluída na proporção 1:2 (v/v). Utilizou-se um borrifador doméstico para aplicação da solução, sendo a amostra revirada manualmente para assegurar uma cobertura uniforme dos frutos.

Após os frutos serem tratados com fécula de mandioca e cera de carnaúba, os mesmos, assim como os frutos utilizados como testemunha, foram acondicionados em bandejas de isopor com dimensão 24x18 cm, dando um total de 24 bandejas com três frutos em cada.

Para os frutos embalados com filmes de PVC foram utilizadas bandejas de isopor com três frutos em cada bandeja, revestidas com filmes de PVC da marca Filmito que possui espessura de 10  $\mu\text{m}$ , cada bandeja continha três frutos. Nos tratamentos que se utilizou absorvedores de oxigênio, os sachês contendo absorvedores de oxigênio adquiridos da empresa Soft Post do Brasil Ltda., com concentração de 600 cc, foram colocados nas bandejas de isopor revestidas por filmes de PVC, num total de 24 bandejas.

Os sachês contendo absorvedor de etileno foram feitos no laboratório, utilizando-se o permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) como reagente. Foram preparados 24 sachês com 8 g de permanganato de potássio e 5 g de vermiculita. Após ser pesado, o  $\text{KMnO}_4$  foi dissolvido em água destilada, sendo esta solução misturada com a vermiculita e levada para estufa a  $80^{\circ}\text{C}$  para a secagem. Após a secagem, a vermiculita impregnada com permanganato de potássio foi dividida em porções de 13 gramas para cada saquinho de TNT utilizados na confecção dos sachês. Em seguida, os sachês foram armazenados em vidros hermeticamente fechados onde permaneceram até o momento da instalação do experimento.

Posteriormente, os frutos foram armazenados em duas temperaturas:  $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$  (temperatura recomendada para o armazenamento de Atemóias) e à temperatura de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  (simulando condições ambientais de venda), por 16 dias, em câmaras tipo BOD, com umidade relativa no interior das câmaras mantida em  $85 \pm 5\%$ . As análises dos frutos foram realizadas de dois em dois dias após o acondicionamento dos frutos por duas horas sob temperatura ambiente, para se evitar os efeitos da temperatura de armazenagem na medição dos parâmetros.

## 2.3. Análises

### 2.3.1. Avaliação do comportamento reológico

O comportamento reológico da polpa dos frutos de Atemóia, foi determinado num reômetro rotacional de cilindros concêntricos tipo Searle marca Brookfield, modelo R/S plus SST 2000, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, Inc., E.U.A., utilizando-se o sensor DG Din para todas as amostras. As medidas foram feitas na temperatura de 25°C. As medidas de tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) foram realizadas aplicando uma rampa contínua de taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) variado de 0 a 500 s<sup>-1</sup> durante um tempo de 120 s para a curva ascendente e 120 s para a curva descendente. As medidas foram tomadas a cada 4 s, totalizando 30 pontos em cada ensaio, sendo assumido o valor médio da tensão de cisalhamento em cada valor de taxa de deformação. Antes de cada experimento houve a quebra da tixotropia das amostras de polpa dos frutos de Atemóia, a uma taxa de deformação constante de 100 s<sup>-1</sup> por um tempo de 180 s. Para cada amostra foram realizadas duas repetições.

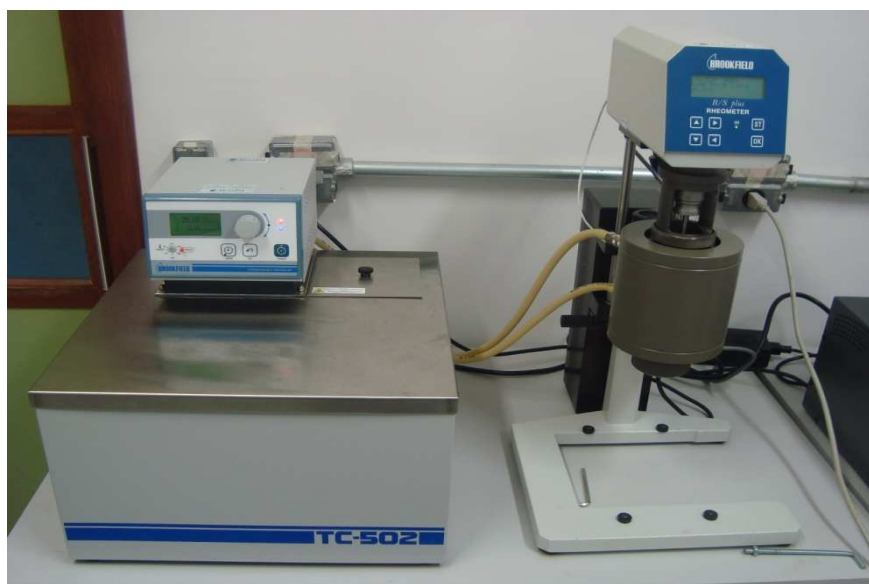


Figura 3.1 - Reômetro rotacional de cilindros concêntricos tipo Searle marca Brookfield, modelo R/S plus SST 2000

Os modelos de Ostwald-de-Walle (3.1), Hershel-Bulkley (3.2) e Casson (3.3) foram ajustados aos dados reológicos obtidos.

$$\tau = k(\dot{\gamma})^n \quad (3.1)$$

$$\tau = \tau_0 + k_H(\dot{\gamma})^{n_H} \quad (3.2)$$

$$\tau^{0,5} = k_{oc} + k_c(\dot{\gamma})^{0,5} \quad (3.3)$$

em que:

- $\tau$ : Tensão de cisalhamento (Pa);
- $\tau_0$ : Tensão de cisalhamento inicial (Pa);
- $\dot{\gamma}$ : Taxa de deformação ( $s^{-1}$ );
- $k, k_H, k_{oc}$  e  $k_c$ : Índice de consistência (Pa.s);
- $n, n_H$ : Índice de comportamento ao escoamento.

### 2.3.2. Análise estatística

O experimento foi montado segundo o esquema em parcela subdividida, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas o tempo de armazenamento, para a análise do comportamento do escoamento da polpa de atemóia, no delineamento inteiramente casualizado, em três repetições.

Para ajustar os modelos aos dados experimentais foi utilizado o pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., North Carolina, USA 1999) versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal de Viçosa. Para escolha do melhor modelo foram comparados os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), nível de significância e quadrado médio do erro (QME).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Comportamento reológico

Os dados experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de deformação obtida no reômetro, foram ajustados ao modelo reológico de Ostwald-de-Walle, Hershel-Bulkley Casson para a obtenção dos parâmetros do modelo que melhor se ajuste aos dados experimentais, com a finalidade de descrever o comportamento reológico da

polpa de atemóia, tendo os frutos sido armazenados a 15 e 25°C por 16 dias e submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita.

### 3.1.1. Armazenamento a 25°C

Os modelos reológicos são úteis para relacionar propriedades reológicas de um fluido com a concentração de sólidos solúveis, temperatura, pH, e índice de maturação, entre outros (VIDAL, 2004). Dentre os modelos ajustados, o modelo de Hershel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da polpa de atemóia, apresentando elevados coeficientes de determinação, indicando bom ajuste dos dados experimentais que correlacionam às propriedades reológicas ao índice de maturação das atemóias, de onde foram obtidas as polpas para análises.

Na Tabela 3.1 estão apresentados os parâmetros estatísticos do modelo de Hershel-Bulkley para descrever o comportamento reológico da polpa de atemóia, tendo os frutos sido armazenadas a 25°C por 14 dias.

De acordo com a Tabela 3.1, para todos os tratamentos avaliados nos principais dias de análises, os valores de  $R^2$  foram, na sua maioria, maiores que 0,9000 e os valores do quadrado médio do erro (QME) foram menores que 0,3000, indicando assim um bom ajuste desse modelo aos dados experimentais.

Observando os valores dos parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley apresentados na Tabela 3.1, percebe-se que com o passar dos dias de armazenamentos, a Tensão de Cisalhamento Inicial ( $\tau_0$ ) da polpa de atemóia tende a aumentar. Tal comportamento pode ser explicado pelo processo de amadurecimento dos frutos, no qual ocorrem inúmeras transformações químicas e bioquímicas, entre elas as transformações carboidratos complexos, como o amido, em açúcares simples, aumentando dessa forma o teor de açúcares solúveis e conseqüentemente a viscosidade da polpa, além da perda de água, que reflete consideravelmente no aumento da viscosidade da polpa, sendo assim necessária uma maior força para escoamento da polpa de atemóia.

Tabela 3.1 - Valores dos parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley ( $\tau = \sigma_0 + k_H(\dot{\gamma})^{n_H}$ ) para polpa de atemóia, tendo os frutos sido submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenados a 25°C

Tempo	Tratamento	$\tau_0$ (Pa)	$K_H$ (Pa.s <sup>n</sup> )	$n_H$	QME	R <sup>2</sup>
2	<b>TE</b>	10,6398*	0,0007*	1,3795*	0,0522	0,9642
	<b>FM</b>	6,8904*	0,0010*	1,3294*	0,0381	0,9752
	<b>CC</b>	9,9615*	0,0009*	1,4004*	0,0284	0,9907
	<b>PVC</b>	8,1340*	6,551E-6*	2,0997*	0,0723	0,9310
	<b>PVC+AO</b>	2,0282*	0,18902*	0,1695*	0,0153	0,9615
	<b>PVC+AE</b>	3,8502*	0,4454*	0,3696*	0,0387	0,9511
6	<b>TE</b>	16,5983*	0,0002*	1,6463*	0,0315	0,9874
	<b>FM</b>	10,0849*	7,42E-6*	2,2435*	0,3206	0,9586
	<b>CC</b>	13,8520*	0,0782*	0,8380*	0,0413	0,9974
	<b>PVC</b>	7,7412*	0,3763*	0,4485*	0,3600	0,8416
	<b>PVC+AO</b>	11,0433*	1,87E-14*	5,3505*	0,1385	0,9401
	<b>PVC+AE</b>	6,5292*	0,0019*	1,2244*	0,0194	0,9855
10	<b>TE</b>	22,9507*	0,0003*	1,5934*	0,1352	0,9550
	<b>FM</b>	11,9079*	0,0173*	1,0257*	0,0927	0,9905
	<b>CC</b>	24,2961*	0,0031*	1,2393*	0,0819	0,9810
	<b>PVC</b>	10,8053*	0,0014*	1,3046*	0,2744	0,8916
	<b>PVC+AO</b>	12,2584*	0,0010*	1,4610*	0,0618	0,9913
	<b>PVC+AE</b>	17,6291*	2,32E-12*	4,5852*	0,1239	0,9517
14	<b>TE</b>	-	-	-	-	-
	<b>FM</b>	22,0703*	0,0002*	1,6673*	0,0241	0,9936
	<b>CC</b>	-	-	-	-	-
	<b>PVC</b>	28,9345*	0,0001*	1,7745*	0,0460	0,9869
	<b>PVC+AO</b>	31,1711*	1,278E-8*	3,3038*	0,3085	0,9515
	<b>PVC+AE</b>	27,0451*	0,2159*	0,6801*	0,2120	0,9861

\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

Sabendo que valores de tensão de cisalhamento inicial indicam o grau de maturidade do fruto no qual a polpa foi extraída, podemos observar na Tabela 3.1 que, no final dos 14 dias de armazenamento, os frutos tratados com PVC+Absorvedor de Etileno apresentaram os menores valores desse parâmetro, indicando assim que os frutos tratados com PVC+Absorvedor de Etileno (PVC+AE) tiveram seu amadurecimento retardado comparado com os frutos do lote testemunha (TE). Vale ressaltar que durante todo o armazenamento, considerando os dias 2, 6 e 10, os frutos

tratados com PVC, PVC+Absorvedor de Oxigênio (PVC+AO) e PVC+Absorvedor de Etileno (PVC+AE) tiveram polpas com pequenos valores de tensão de cisalhamento inicial, indicando que os frutos tratados com embalagens ativas tiveram maior retardamento no amadurecimento, comparados com os frutos do Lote Testemunha (TE) e tratados com revestimentos comestíveis de Fécula de Mandioca (FM) e Cera de Carnaúba (CC).

As Figuras 3.2 e 3.3 mostram a influência do índice de maturação dos frutos dos quais a polpa de atemóia foram obtidas, na relação entre a tensão de cisalhamento inicial ( $\tau_0$ ) e a taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) nos diferentes tempos de armazenamento dos frutos, no qual foram feitas as análises da polpa de atemóia. Nessas figuras estão representados os pontos experimentais médios e suas respectivas curvas de ajuste ao modelo de Herschel-Bulkley. Foi observado um comportamento não Newtoniano, dado pela não linearidade entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação aplicada. Além disso, verifica-se que as inclinações das curvas de escoamento diminuem com o aumento da taxa de deformação, evidenciando o decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação.

Os fluidos não-newtonianos independentes do tempo podem ser do tipo: pseudoplásticos, dilatantes e plástico de Bingham. Alguns exemplos de fluidos pseudoplásticos são: sucos de frutas concentrados e pastas de amido (RHA, 1978). Já o comportamento dilatante é encontrado em fluidos que contém uma alta proporção de partículas rígidas insolúveis em suspensão (BOURNE, 1982). Alguns tipos de mel e suspensões de amido se enquadram nessa categoria (SHARMA et al., 2000; STEFFE, 1996).

Sabendo que o Índice de Comportamento ao Escoamento ( $n$ ) do modelo de Herschel-Bulkley indica se o fluido apresenta comportamento pseudoplástico ( $n_H < 1$ ) ou dilatante ( $n_H > 1$ ), percebe-se, observando a Tabela 3.1, que a polpa de atemóia apresentou na maioria dos dias de armazenamento e tratamento as analisados, comportamento dilatante. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da polpa de atemóia apresentar uma alta concentração de amido e pectina. Segundo Mizobutsi et al. (2012), a polpa de atemóia apresenta, logo após a colheita, em torno de 25% de amido, concentração essa que vai diminuindo durante o amadurecimento, chegando a valores próximos a 5% ao final de 18 dias de armazenamento. Segundo Nogueira et al. (2005), a hidrólise do amido e a inversão da sacarose em glicose nos frutos provocam a elevação dos teores de açúcares solúveis. Silva et al. (2010) afirmam que o teor de pectina

encontrada na atemóia foi de 31,25% o que mostra que a fruta tem um considerável teor de pectina, sendo esta responsável pela firmeza da parede celular dessa fruta e também é um componente que influencia fortemente comportamento reológico dos produtos industrializados a partir dessa fruta.

As Figuras 3.2a e 3.2b apresentam a relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de atemóia no segundo e sexto dias de armazenamento dos frutos a temperatura de 25°C. Percebe-se que a polpa dos frutos recém-colhidos, lote controle, apresenta baixos valores de tensões de cisalhamentos inicial, indicando que esta, no estágio inicial de maturação, apresenta alto teor de água e baixa concentração de sólidos solúveis. Deste modo, a polpa de atemóia que apresenta comportamento próximo ao comportamento da polpa oriunda de frutos do lote controle, é oriunda de frutos que foram submetidos a tratamentos pós-colheita eficazes em retardar o amadurecimento dos mesmos.

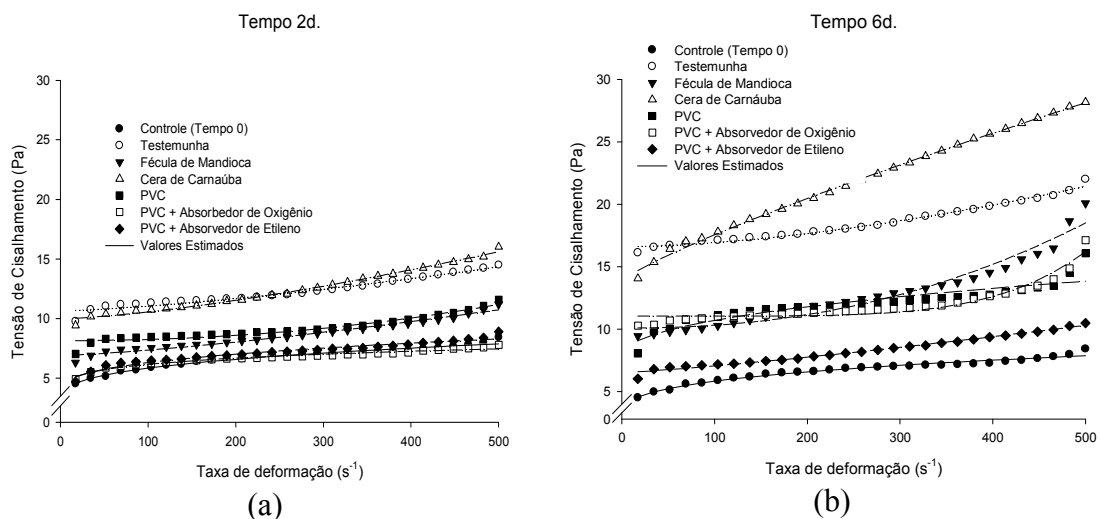


Figura 3.2 - Relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de atemóia no 2º (a) e 6º (b) dias de armazenamento dos frutos a temperatura de 25°C.

Observando a Figura 3.2a, percebe-se que a polpa de atemóia oriundas de frutos tratados com PVC+AO e PVC+AE foram as que obtiveram menores valores de tensão de cisalhamento, indicando dessa forma que no segundo dia de armazenamento, os frutos tratados com PVC+AO e PVC+AE foram os que obtiveram melhores respostas em retardar o amadurecimento dos mesmos. Já a polpa dos frutos tratados

com revestimentos comestíveis de FM e embalados com PVC foram os que obtiveram valores intermediários de tensão de cisalhamento, indicando que os mesmos obtiveram conservação moderada no segundo dia de armazenamento. Por sua vez, a polpa dos frutos revestidos com CC e do lote testemunha apresentou maiores valores de tensão de cisalhamento, indicando assim que esses frutos tiveram amadurecimento mais intenso comparados com os outros frutos submetidos aos outros tratamentos pós-colheita no segundo dia de armazenamento.

Analisando a Figura 3.2b (sexto dia de armazenamento), verifica-se que o comportamento observado na Figura 3.2a (segundo dia de armazenamento), se mantém o mesmo, contudo observa-se que a tensão de cisalhamento aumentou para todos os tratamentos avaliados, pelo fato de os frutos estarem mais maduros que no segundo dia de armazenamento, tendo dessa forma a viscosidade da polpa aumentada. Fato que pode ser explicado pelo aumento na atividade respiratória nas anonáceas que é acompanhado por modificações rápidas na composição química dos frutos, tornando o sabor e o aroma muito agradável, e há um decréscimo muito rápido na firmeza da polpa. Há aumento do teor de sólidos solúveis, principalmente açúcares e ácidos orgânicos, e de compostos voláteis. A qualidade máxima para consumo é atingida do primeiro pico respiratório e coincide com os máximos de sólidos solúveis e acidez titulável (LEAL, 1990; LIZANA; REGINATO, 1990; TAYLOR, 1993).

As Figuras 3.3a e 3.3b apresentam a relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de atemóia no décimo e décimo quarto dia de armazenamento dos frutos a temperatura de 25°C.

Observando a Figura 3.3a, verifica-se que a polpa de atemóia oriunda de frutos tratados com PVC, PVC+AO e PVC+AE foram as que obtiveram menores valores de tensão de cisalhamento nessa ordem, indicando dessa forma que no 10º dia de armazenamento, esses tratamentos foram os que obtiveram melhores respostas em retardar o amadurecimento dos mesmos. Já a polpa dos frutos tratados com revestimento comestível FM foram os que obtiveram valores intermediários de tensão de cisalhamento, indicando que os mesmos obtiveram conservação moderada no 10º dia de armazenamento. Por sua vez os a polpa dos frutos revestidos com CC e do lote testemunha apresentaram maiores valores de tensão de cisalhamento respectivamente, indicando assim que esses frutos tiveram um amadurecimentos mais intenso

comparados com os outros frutos submetidos aos outros tratamentos pós-colheita no 10º dia de armazenamento.

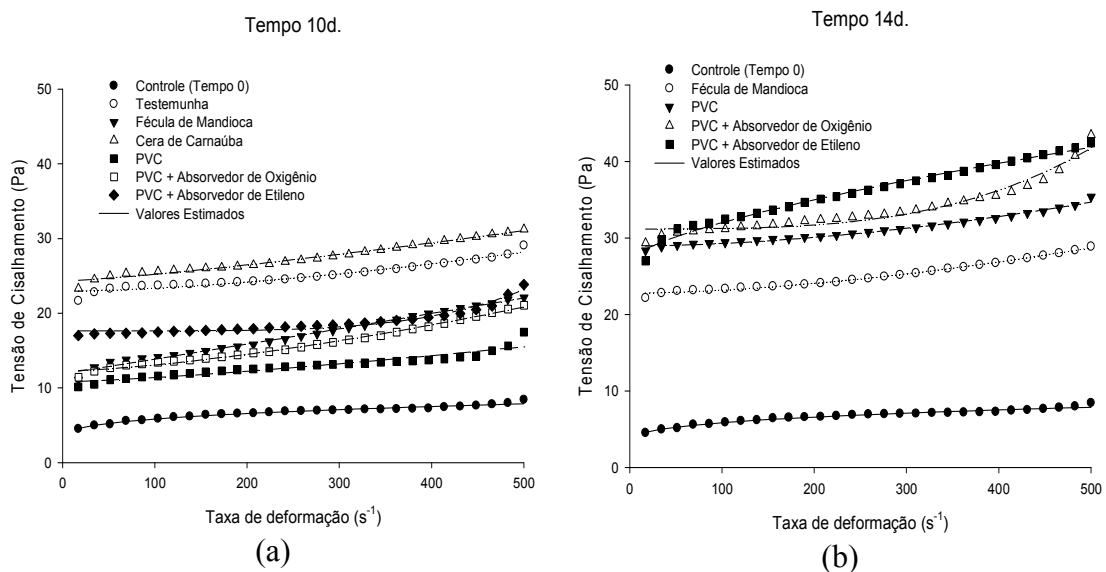


Figura 3.3 - Relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de atemóia no 10º e 14º dias de armazenamento dos frutos a temperatura de 25°C.

Analisando a Figura 3.3b, observa-se que no décimo quarto dia de armazenamento a 25°C, os frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de CC não se encontravam aptos para consumo. Contudo, dentre os frutos submetidos a tratamentos pós-colheita que conseguiram se conservar aptos para consumo, verifica-se que as polpas oriundas de frutos tratados com FM, PVC, PVC+AO e PVC+AE obtiveram valores de tensão de cisalhamento crescendo nessa ordem. Observando essa mesma figura, verifica-se que os valores de tensão de cisalhamento inicial aumentaram aproximadamente seis vezes comparado com a polpa de atemóia oriunda de frutos do tempo 0, demonstrando de forma evidenciada que a viscosidade da polpa de frutos com índice de maturação elevado aumenta consideravelmente comparado com a viscosidade dos frutos recém colhidos.

### 3.1.2. Armazenamento a 15°C

Na Tabela 3.2 estão apresentados os parâmetros estatísticos do modelo de Hershel-Bulkley para descrever o comportamento reológico da polpa de atemóia, tendo

os frutos sido armazenadas a 15°C por 16 dias. Observando a Tabela 3.2, verifica-se que para todos os tratamentos avaliados nos principais dias de análises, os valores de R<sup>2</sup> foram maiores que 0,91 e os valores do quadrado médio do erro (QME) foram menores que 0,30, indicando assim um bom ajuste desse modelo aos dados experimentais.

Tabela 3.2 - Valores dos parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley ( $\tau = \sigma_0 + k_H(\gamma)^{n_H}$ ) para polpa de atemóia, tendo os frutos sido submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita e armazenadas a 15°C

Dia	Tratamento	t <sub>0</sub> (Pa)	K <sub>H</sub> (Pa.s <sup>n</sup> )	n <sub>H</sub>	QME	R <sup>2</sup>
2	Test	12,5892*	0,0001*	2,0808*	0,1679	0,9578
	FM	11,1253*	0,0002*	1,6400*	0,0991	0,9636
	CC	15,1252*	8,628E-6*	2,1745*	0,2094	0,9533
	PVC	10,9122*	0,0001*	2,0593*	0,0697	0,9758
	PVC+AO	13,9130*	1,091E-8*	3,2984*	0,2930	0,9617
	PVC+AE	9,0516 *	1,072E-7*	2,8614*	0,1356	0,9596
6	Test	10,7288*	0,0968*	0,5861*	0,1502	0,9574
	FM	8,7142*	0,2241*	0,4937*	0,1819	0,9783
	CC	14,7183*	0,0003*	1,5929*	0,2659	0,9142
	PVC	14,5024*	0,0067*	0,9898*	0,1666	0,9462
	PVC+AO	14,2343*	2,328E-7*	2,7536*	0,2158	0,9490
	PVC+AE	12,0742*	3,839E-6*	2,2514*	0,1806	0,9239
10	Test	14,3258*	0,0001*	1,9462*	0,1128	0,9594
	FM	11,9034*	0,0076*	0,9903*	0,0615	0,9504
	CC	12,5553*	0,0001*	1,9502*	0,0923	0,9601
	PVC	12,1705*	0,0001*	1,8972*	0,0980	0,9502
	PVC+AO	12,5377*	0,0083*	1,0751*	0,2696	0,9393
	PVC+AE	9,8590*	1,322E-6*	2,4187*	0,1885	0,9163
16	Test	14,1573*	0,0009*	1,3831*	0,0142	0,9948
	FM	14,2899*	0,0612*	0,6502*	0,0495	0,9462
	CC	19,9218*	0,0082*	1,1725*	0,0287	0,9980
	PVC	8,1621*	1,3810*	0,2549*	0,0281	0,9764
	PVC+AO	8,7140*	1,3474*	0,2553*	0,0131	0,9884
	PVC+AE	9,2722*	1,0718*	0,3071*	0,0202	0,9884

\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”.

Considerando que os valores de Tensão de cisalhamento inicial indicam o grau de maturidade do fruto no qual a polpa foi extraída, percebe-se na Tabela 3.2 que no final dos 16 dias de armazenamento os frutos tratados com PVC, PVC+AO e PVC+AE apresentaram os menores valores desse parâmetro, indicando assim que os frutos submetidos a esses tratamentos tiveram seu amadurecimento retardado. Já os frutos tratados com revestimentos comestíveis de CC e FM obtiveram os maiores valores de tensão de cisalhamento inicial da polpa, no final dos 16 dias de armazenamento dos frutos, tendo valores parecidos com a polpa dos frutos do lote testemunha. Fato que pode ser explicado pelo fato das embalagens com polietileno ou cloreto de polivinila (PVC) promoverem uma modificação na atmosfera ao redor dos frutos devido ao aumento na taxa respiratória, elevando a concentração de CO<sub>2</sub> e diminuindo a concentração de O<sub>2</sub> (PESIS et al., 1986). A elevação dos níveis de CO<sub>2</sub> e, ou, a redução nos níveis de O<sub>2</sub> além de retardar o amadurecimento dos frutos (LANA; FINGER, 2000), diminui o metabolismo de pigmentos, de compostos fenólicos e voláteis (BEAURDRY, 1999), reduz a síntese e a ação do etileno sobre o metabolismo dos frutos e a ocorrência de podridões (BRACKMANN; CHITARRA, 1998).

Em geral, a vida pós-colheita das anonáceas é limitada por deterioração fisiológica, causada pelo excessivo amadurecimento do fruto, que exhibe rápido amolecimento da polpa e escurecimento da casca, e pelo desenvolvimento de patógenos que ocasionam podridões. Segundo Martinez et al. (1993), por se tratar de um fruto climatérico, as mudanças que causam a perda de firmeza e o escurecimento do fruto devem-se à rápida elevação da taxa de biossíntese de etileno no início do processo de amadurecimento.

Observando a Tabela 3.2, percebe-se que o Índice de Comportamento ao Escoamento ( $n_H$ ) do modelo de Herschel-Bulkley, na maioria dos dias e tratamentos avaliados, apresenta comportamento dilatante ( $n_H > 1$ ). Como já foi explanado anteriormente, esse comportamento pode ser explicado pelo fato da polpa de Atemóia apresentar alto teor de amido e pectina.

As Figuras 3.5a e 3.5b apresentam a relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação (1/s) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de Atemóia no segundo e sexto dias de armazenamento dos frutos a temperatura de 15°C. Observa-se que a polpa dos frutos recém-colhidos, lote controle, apresenta baixos valores de tensão de cisalhamentos, indicando que a polpa dos frutos no estágio inicial de maturação apresentam alto teor de água e baixa concentração de sólidos solúveis

situação que muda durante o amadurecimento, onde ocorre perda de massa pela perda de água e transformações químicas em bioquímicas, ficando os constituintes da polpa como açúcares mais concentrados, aumentando dessa forma a tensão de cisalhamento dos mesmos.

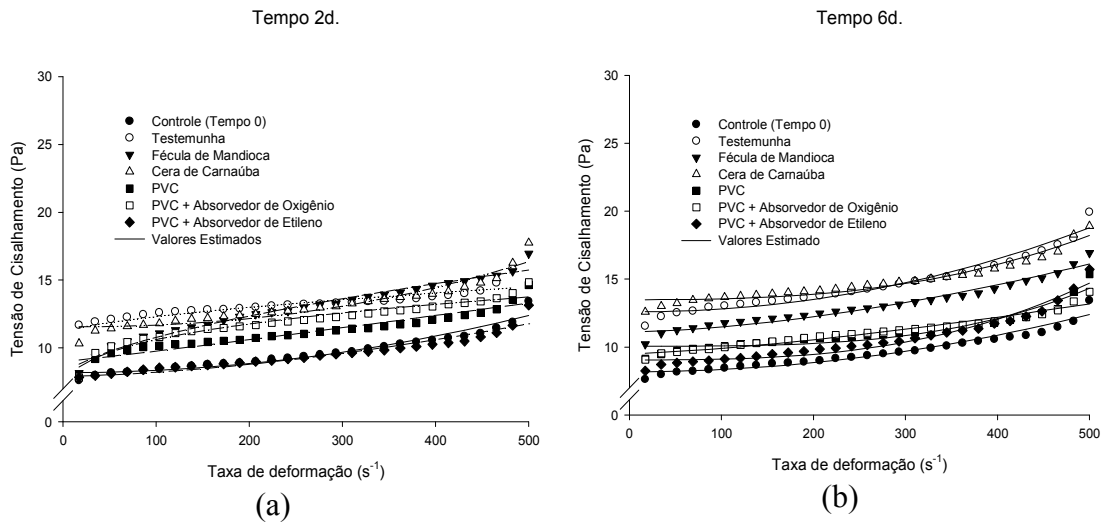


Figura 3.5 - Relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de atemóia no 2º e 6º dia de armazenamento dos frutos a temperatura de 15°C.

Observando a Figura 3.5a, percebe-se que a polpa de atemóia oriundas de frutos tratados com PVC+AE, PVC e PVC+AO obtiveram menores valores de tensão de cisalhamento nesta ordem, indicando dessa forma que no segundo dia de armazenamento, os frutos submetidos a esses tratamentos, foram os que obtiveram melhores respostas em retardar o amadurecimento dos mesmos. Por sua vez, os da polpa dos frutos revestidos com FM, CC e do lote testemunha apresentaram maiores valores de tensão de cisalhamento, indicando assim que esses frutos tiveram um amadurecimento mais intenso comparados com os outros frutos submetidos aos outros tratamentos pós-colheita no segundo dia de armazenamento.

Analisando a Figura 3.5b (sexto dia de armazenamento), verifica-se que o comportamento observado na Figura 3.5a (segundo dia de armazenamento), se mantém o mesmo, contudo observa-se que a tensão de cisalhamento aumentou para todos os tratamentos avaliados, pelo fato de os frutos estarem mais maduros que no segundo dia de armazenamento, tendo dessa forma a viscosidade da polpa aumentada.

As Figuras 3.6a e 3.6b apresentam a relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de atemóia no décimo e décimo sexto dias de armazenamento dos frutos a temperatura de 15°C.

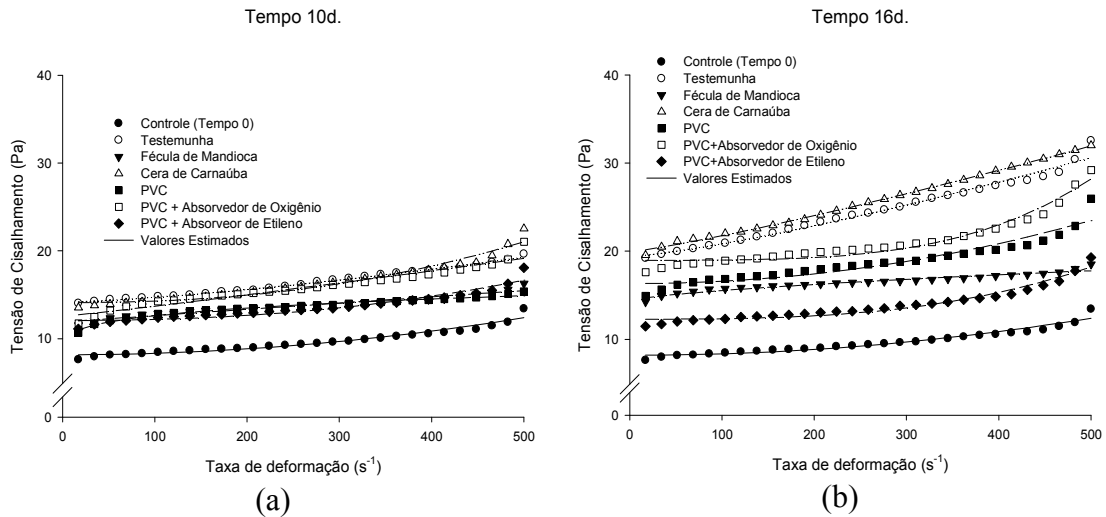


Figura 3.6 - Relação entre a tensão de cisalhamento (Pa) e a taxa de deformação ( $s^{-1}$ ) descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley para polpa de atemóia no 10° e 16° dia de armazenamento dos frutos a temperatura de 15°C.

Observando as Figuras 3.6a, verifica-se que a polpa de atemóia oriundas de frutos tratados com PVC, PVC+AE e FM foram as que obtiveram menores valores de tensão de cisalhamento nessa ordem, indicando dessa forma que no 10° dia de armazenamento, esses tratamentos foram os que obtiveram melhores respostas em retardar o amadurecimento dos mesmos. Já a polpa dos frutos tratados com PVC+AO, foram os que obtiveram valores intermediários de tensão de cisalhamento, indicando que os mesmos obtiveram conservação moderada no 10° dia de armazenamento. Por sua vez os a polpa dos frutos revestidos com CC e do lote testemunha apresentaram maiores valores de tensão de cisalhamento respectivamente, indicando assim que esses frutos tiveram um amadurecimento mais intenso comparados com os outros frutos submetidos aos outros tratamentos pós-colheita no 10° dia de armazenamento.

Analisando a Figura 3.6b, observa-se que no décimo sexto dia de armazenamento a 15°C, a polpa dos frutos do lote testemunha e tratados com revestimentos comestíveis de CC apresentaram maiores valores de Tensão de

Cisalhamento, indicando que os frutos não tiveram amadurecimento retardado comparado dos os frutos submetidos aos outros tratamentos pós-colheita. Contudo, dentre os frutos submetidos a tratamentos pós-colheita que conseguiram se conservar aptos para consumo, verifica-se que as polpas oriundas de frutos tratados com PVC+AE, FM, PVC e PVC+AO obtiveram valores de tensão de cisalhamento aumentados nessa ordem.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que foi realizado o experimento, conclui-se que para os frutos de atemóia armazenados a 15°C e 25°C, a utilização de atmosfera modificada em embalagens ativas contendo absorvedor de etileno apresenta melhores resultados na conservação dos frutos, fato este baseado no comportamento reológico da polpa dos frutos de atemóia submetidos a esse tratamento. Os frutos armazenados a 15°C obtiveram melhores repostas com relação à conservação das características reologias comparado com a polpa dos frutos armazenados a 25°C. Os frutos tratados com revestimento comestível de cera de carnaúba tiveram piores respostas em retardar o amadurecimento, tendo, conseqüentemente, vida de prateleira reduzida para as duas temperaturas de armazenamento avaliadas. O modelo de Herschel-Bulkley representa bem o comportamento reológico da polpa de atemóia em todas as condições estudadas, descrevendo adequadamente as alterações das atemóias ao longo do armazenamento. A polpa de atemóia apresentou comportamento dilatante.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grapemolasses)/tahin (sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, v. 54, n. 1, p. 89-93, 2002.

AZEREDO, H.M.C. Películas comestíveis em frutas conservadas por métodos combinados: potencial da aplicação. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, 2003.

BEAUDRY, R.M. Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Tecnology**, v. 15, n. 3, p. 293-303, 1999.

- BEZERRA, J.R.M.V.; RIGO, M.; DEMCZUK JUNIOR, B.; CÓRDOVA, K.R.V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*). **Ambiência**, v. 5, n. 1, p. 37-47, 2009.
- BONAVENTURE, L. **A cultura da cherimóia e de seu híbrido, a atemóia**. São Paulo: Nobel, 1999. 184 p.
- BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity**. New York: Academic Press, 1982.
- BRACKMANN, A.; CHITARRA, A.B. Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: BORÉM, F.M. (Ed.). **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 133-170.
- CABRAL, R.A.F.; ORREGO-ALZATE, C.E.; GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J. Rheological and thermophysical properties of blackberry juice. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 589-596, 2007.
- FERNANDES, T.K.S.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; MELO, K.S.; BEZERRA, M.C.T. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 2, p. 171-180, 2008.
- GRANJEIRO, A.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, F.M.F.; MATA, E.R.M.C. Viscosidades de polpas concentradas de figo da índia. **R. Brasileira Agrociência, Pelotas**, v. 13, n. 2, p. 219-224, 2007.
- HAMINIUK, C.W.I.; SIERAKOWSKI, M.R.; PLATA-OVIEDO, M.S.V.; BRANCO, I.G.; CANTERI, M.H.G.; MASSON, M.L. Estudo do comportamento reológico de sucos combinados de frutas vermelhas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 1, p. 314-325, 2011.
- HOLDSWORTH, S.D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Transactions of the Institution of Chemical Engineers**, v. 71, part C, p. 139-179, 1993.
- IBARZ, A.; MARCO, F.; PAGAN, J. Rheology of persimmon juices. **Fruit Processing, Schonborn**, v. 3, n. 5, p. 182-187, 1993.
- IBARZ, A.; GARVIN, A.; COSTA, J. Rheological behaviour of sloe (*Prunus spinosa*) fruit juices. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 27, n. 4, p. 423-430, 1996.
- LANA, M.M.; FINGER, F.L. **Atmosfera modificada e controlada**: aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 34 p.
- LEAL, F. Sugar apples. In: NAGY, S.; SHAW, P.G.; WARDOWSKI, W.F. **Fruits of tropical and subtropical, origen**: composition, properties and uses. Lake Alfred: FSS, 1990. cap. 7, p. 114-158.

LIZANA, L.A.; REGINATO, G. Cherimoya. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDOWSKI, W.F. **Fruits of tropical and subtropical, origen: composition, properties and uses.** Lake Alfred: FSS, 1990. cap. 6, p. 111-148.

LUVIELMO, M.M. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8-15, 2012.

MAIA, L.H.; PORTE, A.; SOUZA, V.F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e o oxigênio. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 1, 2000.

MARTINÉZ, G. et al. Ethylene biosynthesis and physico-chemical changes during fruit ripening of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. **Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 4, p. 477-483, 1993.

MIZOBUTSI, G.P.; SILVA, J.M.; MIZOBUTSI, E.H.; RODRIGUES, M.L.M.; LOPES, R.S.; FERNANDES, M.B.; OLIVEIRA, F.S. Conservação de pinha com uso de atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 6, p. 751-757, 2012.

MORTON, J. Atemoya. In: \_\_\_\_\_. **Fruits of warm climates.** Miami: Creative Resources, 1987. p. 72-75.

NOGUEIRA, E.A.; MELO, N.T.C.; MAIA, M.L. Produção e comercialização de anonáceas em São Paulo e Brasil. **Informações Econômicas**, v. 35, p. 51-54, 2005.

OLIVEIRA, R.C.; ROSSI, R.M.; BARROS, S.T.D. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das polpas de gabioba e goiaba. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 1, p. 31-37, 2011.

OLIVEIRA, A.C.; VALENTIM, I.B.; GOULART, M.O.F.; SILVA, C.A.; BECHARA, E.J.H.; TREVISAN, M.T.S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009a.

OLIVEIRA, R.C.; BARROS, S.T.D.; ROSSI, R.M. Aplicação da metodologia bayesiana para o estudo reológico da polpa de uva. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2009b.

PEREIRA, E.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. Propriedades reológicas da polpa de açaí (*Euterpe oleracea*, Mart.): efeito da concentração. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 23, n. 3, p. 606-612, 2003.

PESIS, E.; LEVI, A.; BEN-ARIE, R. Destringency of persimmon fruits by creating a modified atmosphere in polyethylene bags. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 4, p. 1014-1016, 1986.

PAULL, R. E. Postharvest atemoya fruit splitting during ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 8, p. 329-334, 1996.

RHA, C. Rheology of fluid foods. **Food Technology**, v. 7, p. 77-82, 1978.

RIGO, M.; BEZERRA, J.R.M.V.; CÓRDOVA, K.R.V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de butiá (*Butia eriospatha*). **Ambiência**, v. 6, n. 1, p. 25-36, 2010.

SATO, A.C.K.; CUNHA, R.L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 890-896, 2007.

SHARMA, S.K.; MULVANEY, S.J.; RIZVI, S.S.H. Food processing engineering: theory and laboratory experiments. New York: Wiley-Interscience, 2000. 348 p.

SILVA, R.P.; BARROSO, A.P.S.; SANTOS, A.C.B.; AZEVEDO, L.C.; MACEDO, A.N. **Caracterização físico-química de polpa de Atemóia (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimolla*) cultivada no Vale do São Francisco**. Maceió: CONNEPI, 2010.

SILVA, F.C.; GUIMARÃES, D.H.P.; GASPARETTO, C.A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2.ed. Michigan: Freeman Press, 1996. 418 p.

SUGAI, A.Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangífera indica* L.) variedade haden**: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo. 2002. 99 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Rheology for the food industry. **J. Food Eng.**, Essex, v. 67, p. 147-156, 2005.

TANGLERTPAIBUL, T.; RAO, M.A. Rheological properties of tomato concentrates as affected by particle size and methods of concentration. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 1, p. 141-145, 1987.

TAYLOR, J.E. Exotics. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. Cambridge: Chapman e Holl, 1993. p. 152-180.

TOKUNAGA, T. **A cultura da atemóia**. Campinas: CATI, 2000. 80 p. (Boletim Técnico, 233).

TORALLES, R.P.; VENDRUSCOLO, J.L.; VENDRUSCOLO, C.T. Reologia de purê homogeneizado de pêsego: efeito da temperatura e concentração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2006.

TRIFIRÓ, A.; SACCANI, G.; GHERARDI, S.; BIGLIARDI, D. Effect of content and sizes of suspended particles on the rheological behaviour of apricot purees. **Industria Conserve**, Parma, v. 62, p. 97-104, 1987.

VANDRESSEN, S. **Caracterização física química e comportamento reológico de sucos de cenoura e laranja e suas misturas**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

VIDAL, J.R.M.B.; SIERAKOWSKI, M.R.; HAMINIUK, C.W.I.; MASSON, M.L. Propriedades reológicas da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 955-960, 2006.

VIDAL, J.R.M.B.; PELEGRINE, D.H.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L-Keitt). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 39-42, 2004.

## CONCLUSÕES GERAIS

Segundo as condições experimentais observadas e os resultados obtidos, podem ser estabelecidas as seguintes conclusões:

- A utilização da temperatura de 15°C, em atmosfera modificada e com absorção de etileno, mostrou-se o tratamento mais eficaz na conservação dos frutos durante o armazenamento a frio por 16 dias .
- A atmosfera modificada, ativamente, com os absorvedores de etileno obteve melhores resultados à temperatura de armazenamento de 15°C e 25°C do que a atmosfera modificada, passivamente, à mesma temperatura.
- Os frutos tratados com revestimento comestível de cera de carnaúba tiveram piores respostas em retardar o amadurecimento, com base em todos os parâmetros estudados e as duas temperaturas de armazenamento avaliadas.
- O modelo generalizado de Maxwell representa bem o processo de relaxação em todas as condições estudadas, descrevendo adequadamente as alterações das atemóias ao longo do armazenamento.
- Verificou-se através da análise das coordenadas colorimétricas que os frutos tratados com embalagens ativas tiveram menor evolução desses parâmetros, indicando que foram os tratamentos mais eficazes em retardar o amadurecimento das atemóias, e que as embalagens ativas contendo absorvedores de etileno foram mais eficientes em preservar a qualidade das atemóias;
- Através da avaliação do pH, ácido titulável total e sólidos totais concluiu-se que os frutos da atemóia tratados com embalagens ativas contendo absorvedores de etileno e armazenados a 15°C tiveram o amadurecimento controlado, preservando por maior tempo a qualidade necessária para comercialização.
- O modelo de Herschel-Bulkley representa bem o comportamento reológico da polpa de atemóia em todas as condições estudadas, descrevendo adequadamente as alterações das atemóias ao longo do armazenamento.