

## Artigo

**Filmes de Amido e de Amido/Zeólita Aplicados no Recobrimento e Conservação de Goiaba (*Psidium guajava*)****Bessa, R. A.; Oliveira, L. H.; Arraes, D. A.; Batista, E. S.; Nogueira, D. H.; Silva, M. S.; Ramos, P. H. e Loiola, A. R.\****Rev. Virtual Quim.*, 2015, 7 (6), 2190-2201. Data de publicação na Web: 10 de julho de 2015<http://www.uff.br/rvq>**Starch and Starch/Zeolite Films Used in Coating and Conservation of Guava Fruit (*Psidium guajava*)**

**Abstract:** Starch is used here together with zeolite for production of films to coat guava fruit. Starch and starch/zeolite films were prepared by using gelatin and sorbitol. Guava fruit were coated by means of starch solution and starch solution containing zeolite NaA which had been synthesized from kaolin. Physical-chemical analyses have shown that the used films helped to maintain the natural characteristics of the fruit such as high levels of ascorbic acid for longer periods.

**Keywords:** Biodegradable coating; guava; starch; zeolite.

**Resumo**

O amido foi utilizado juntamente com a zeólita A na produção de filmes para o recobrimento de goiabas. Os filmes de amido de amido/zeólita foram preparados usando gelatina e sorbitol. Os frutos de goiaba foram recobertos imergindo-os em soluções de amido ou de amido contendo a zeólita NaA, o qual foi sintetizada a partir do caulim. As análises físico-químicas mostraram que os filmes ajudaram a preservar as características naturais do fruto com uma vida útil de oito dias.

**Palavras-chave:** Recobrimento biodegradável; goiaba; amido; zeólita.

\* Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Campus do Pici, CEP 60440-900, Fortaleza-CE, Brasil.

✉ [adonay@ufc.br](mailto:adonay@ufc.br)

DOI: [10.5935/1984-6835.20150130](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150130)

## Filmes de Amido e de Amido/Zeólita Aplicados no Recobrimento e Conservação de Goiaba (*Psidium guajava*)

Raquel A. Bessa,<sup>a</sup> Luís Humberto de Oliveira,<sup>b</sup> Dicelle D. Arraes,<sup>b</sup> Evelinny S. Batista,<sup>b</sup> Dijauma H. Nogueira,<sup>b</sup> Marcelo S. Silva,<sup>b</sup> Paulize H. Ramos,<sup>b</sup> Adonay R. Loiola<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, Campus do Pici, CEP 60440-900, Fortaleza-CE, Brasil.

<sup>b</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu, CEP 63500-970, Iguatu-CE, Brasil .

\* [adonay@ufc.br](mailto:adonay@ufc.br)

*Recebido em 28 de janeiro de 2015. Aceito para publicação em 7 de julho de 2015*

1. Introdução
2. Parte Experimental
  - 2.1. Recobrimento dos Frutos
  - 2.2. Avaliação da Eficiência dos Filmes
3. Resultados e Discussão
4. Conclusão

### 1. Introdução

O aumento da população mundial tem desencadeado esforços na comunidade científica com vistas a desenvolver novos materiais com o objetivo de atuarem na conservação de alimentos, principalmente os *in natura*, como são as frutas. Isso ocorre devido ao reduzido tempo de prateleira que muitos destes alimentos apresentam. Tradicionalmente, as embalagens plásticas são utilizadas como meio para prolongar este tempo. Entretanto, a maioria dos plásticos utilizados são danosos ao meio ambiente, necessitando de décadas ou até mesmo séculos para se degradarem.<sup>1</sup>

Os filmes biodegradáveis (ou coberturas biodegradáveis) podem proporcionar aumento do período de prateleira dos alimentos, bem como conferir outros atrativos, uma vez que atuam como barreiras semipermeáveis de modo a inibir ou reduzir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, lipídios, aromas, dentre outros. Além disso, o recobrimento de frutos com filmes biodegradáveis pode favorecer as características intrínsecas, a integridade mecânica e o próprio manuseio.<sup>2</sup>

Diversas fontes renováveis podem ser utilizadas para a preparação de biofilmes. As principais matérias primas usadas para esse propósito são proteínas, derivados da celulose, alginatos, pectinas e amido, além de

outros polissacarídeos.<sup>3-5</sup> Dentre os biopolímeros naturais, o amido é considerado a matéria prima mais promissora para o desenvolvimento de materiais ambientalmente corretos devido a sua baixa densidade, possibilidade de reutilização e por ser totalmente biodegradável, além de ser mundialmente disponível em diversas formas, isto é, provenientes de diferentes fontes a custos relativamente baixos.<sup>6</sup>

A goiaba (*Psidium guajava* L) é consumida em larga escala, seja *in natura* ou na forma de produtos industrializados. A variedade Pedro Sato é caracterizada por apresentar frutos grandes, de cor vermelha, forma semelhante a uma pera e com bom conteúdo de vitamina C.<sup>7</sup> Ela é muito explorada comercialmente no Brasil, que aparece como um dos três maiores produtores de goiaba no mundo e apresenta mercado consumidor em plena expansão. Esta expansão, porém, depende diretamente da qualidade dos frutos e do aumento da vida útil pós-colheita, uma vez que sua vida útil é relativamente curta, pois se trata de um fruto altamente perecível devido a seu intenso metabolismo durante o amadurecimento.<sup>8</sup>

Neste trabalho, reportamos a preparação de filmes de amido e de amido com zeólita e a aplicação destes no recobrimento de goiabas. A avaliação das propriedades destes filmes na conservação dos frutos é feita por meio da avaliação de parâmetros relacionados ao índice de maturação dos frutos, os quais foram determinados através de análises físico-químicas tais como perda de massa, tamanho, teor de vitamina C, acidez total titulável e pH.

## 2. Parte Experimental

As goiabas da variedade Pedro Sato foram colhidas no mês de julho, em pomar comercial com cerca de 5 anos de implantação, no município de Jucás-CE. Foram utilizadas goiabas que apresentavam cor verde claro, com calibre em torno de 8 cm, sem defeitos leves ou graves. As goiabas

foram sanitizadas por meio de imersão em solução de hipoclorito de sódio 100 ppm por 10 minutos e, em seguida, lavadas com água e secas a temperatura ambiente sobre bancada previamente limpa com água e solução de hipoclorito de sódio.

### 2.1. Recobrimento dos frutos

A zeólita NaA foi sintetizada a partir de caulim branco, originado de Campina Grande-PB, por rota hidrotérmica como relatado em trabalho anterior.<sup>9</sup> A preparação de filmes biodegradáveis para recobrimento dos frutos foi feita de acordo com os procedimentos a seguir: Inicialmente, foi preparada uma solução de gelatina adicionando-se 10 g de gelatina sem sabor a 100 mL de água destilada. A solução foi submetida à agitação magnética e aquecida em chapa aquecedora até completa solubilização. Em seguida, adicionou-se 0,500 g de D (-) Sorbitol (99% Vetec), sendo mantida sob agitação durante 1 h. Paralelamente, foi preparada uma suspensão de amido, por meio da adição de 0,300 g de D (-) Sorbitol P.S. e 3,0 g de amido de milho a 100 mL de água destilada, sob aquecimento (75 °C) e agitação magnética. A solução de gelatina e a suspensão de amido foram misturadas para a formação da solução filmogênica. A solução para preparação do filme de amido com zeólita (amido/zeólita) foi preparada da mesma maneira, sendo que após a mistura da solução de gelatina com a suspensão de amido, foi adicionado 0,200 g de zeólita NaA. Filmes de amido e de amido/zeólita foram preparados usando alíquotas de 10 mL das soluções correspondentes, as quais foram dispersas em placas de polipropileno e mantidas em repouso durante 48 h para secagem e formação do filme.

Foram selecionadas goiabas com aparência e tamanhos uniformes e separadas em pares em bandejas de poliestireno expandido. Após a preparação das soluções filmogênicas, as goiabas foram imersas em béquer contendo as soluções utilizando uma

pinça de metal e recolocadas na bandeja para secagem. Todos os frutos foram mantidos em sala climatizada, a temperatura de aproximadamente 22 °C.

## 2.2. Avaliação da eficiência dos filmes na conservação dos frutos

A massa dos frutos foi medida diariamente à mesma hora, em balança analítica utilizando o grupo de goiabas pertencentes ao grupo do 8º dia, realizando assim, análise da perda de massa do mesmo fruto com o passar dos dias. A determinação da firmeza dos frutos foi realizada em regiões equatoriais da superfície do fruto utilizando penetrômetro analógico de bancada marca Marconi.

Medidas de pH foram realizadas com amostras de 1,0 g do tecido comestível misturadas com água destilada até o volume final de 50 mL. As medidas de pH foram realizadas utilizando pHmetro de bancada,

MS TECNOPON Instrumentação Científica, modelo mPA 210, calibrado com padrões de pH=4,0 e pH=7,0.

Na determinação de vitamina C, utilizou-se 5,0 g da amostra triturada e homogeneizada na qual adicionou-se 30 mL de ácido oxálico 0,5 % (refrigerado) e, em seguida, completou-se para 100 mL em um balão volumétrico com ácido oxálico 0,5 %. Uma alíquota de 5 mL do extrato foi diluída para um volume total de 50 mL com água destilada e titulada com a solução de Tillmans refrigerada. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100 g<sup>-1</sup> de polpa, de acordo com Strohecker e Henning.<sup>10</sup>

Para a determinação da acidez total titulável (ATT), utilizou-se amostras de 1,0 g do tecido comestível do fruto, as quais foram misturadas com água para um total de 50 mL. A titulação foi realizada com solução de NaOH 0,1 M. A porcentagem de ATT foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$ATT\% = \frac{\text{Volume gasto}_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot \text{fator ácido}_{\text{ácido cítrico}}}{\text{massa da Amostra}} \cdot 100$$

Onde o fator ácido do ácido cítrico é 0,06404.

Para a determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST), amostras trituradas foram analisadas em refratômetro de bolso PAL-1 da marca ATAGO, com resultados expressos em °Brix.

## 3. Resultados e Discussão

O filme de amido permite uma elevada translucidez, tal característica é essencial

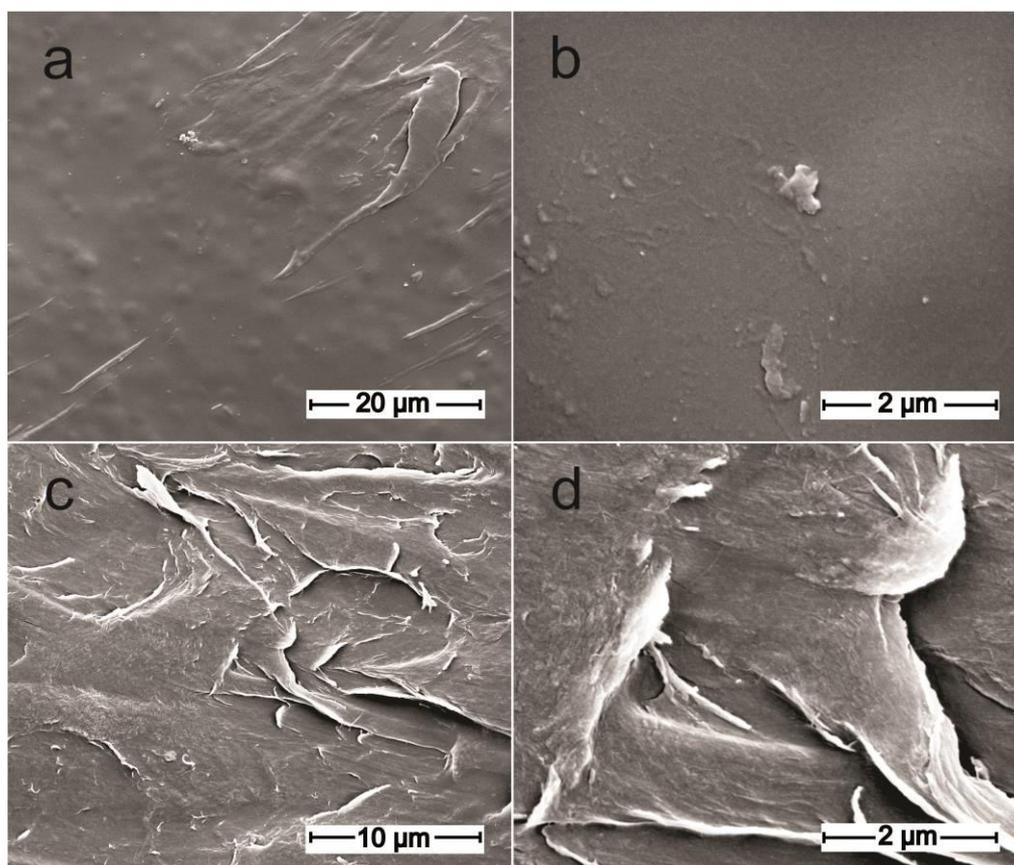
para melhor apresentação do fruto envolvido, além de torná-lo mais atraente ao público consumidor. Tal fato, por si só, agrega valor ao produto envolvido pelo filme de amido, levando-se em conta sua fácil remoção por fricção ou lavagem, o que pode facilitar a higienização do mesmo para o consumidor final.

Uma goiaba recoberta por filme de amido é mostrada na Figura 1.

Na Figura 2 são apresentadas micrografias do filme de amido e de amido/zeólita, onde se verifica uma superfície homogênea, com ausência de rachaduras ou bolhas.



**Figura 1.** Goiaba recoberta com filme de amido



**Figura 2.** Micrografias eletrônicas da superfície dos filmes: (a) filme de amido 20 $\mu$ m; (b) filme de amido 2 $\mu$ m; (c) filme de amido/zeólita 10 $\mu$ m; (d) filme amido/zeólita 2 $\mu$ m

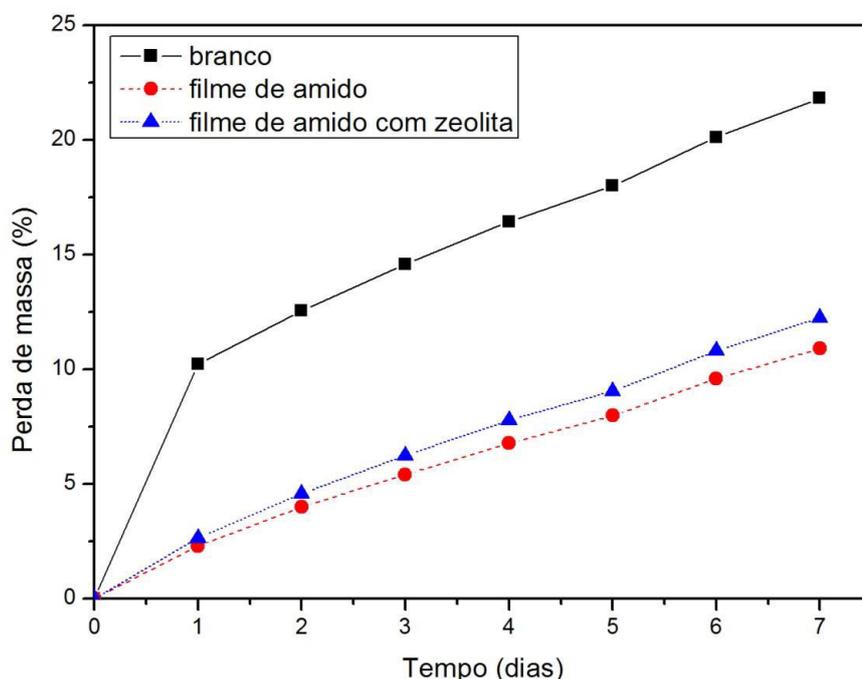
Por meio da análise da morfologia do filme de amido, pode-se observar uma superfície com poucas irregularidades, sem

evidência de resíduos ou grânulos de amido. Pode-se perceber que a presença da zeólita A nos filmes (Figura 2c e 2d) tornou a superfície

dos mesmos mais rugosa. Convém ressaltar que outras micrografias foram obtidas, não sendo possível, entretanto, visualizar cristais zeolíticos expostos ou ainda desagregados dos filmes, o que sugere haver forte interação dos cristais da zeólita com a estrutura de amido do filme. A olho nu, os filmes são facilmente distinguíveis, visto que

os filmes de amido são quase que translúcidos, enquanto os filmes de amido/zeólita mostram-se praticamente opacos, resultado de uma dispersão uniforme da zeólita.

A massa dos frutos, medida ao longo de oito dias de armazenamento, é apresentada na Figura 3.



**Figura 3.** Perda de massa (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento

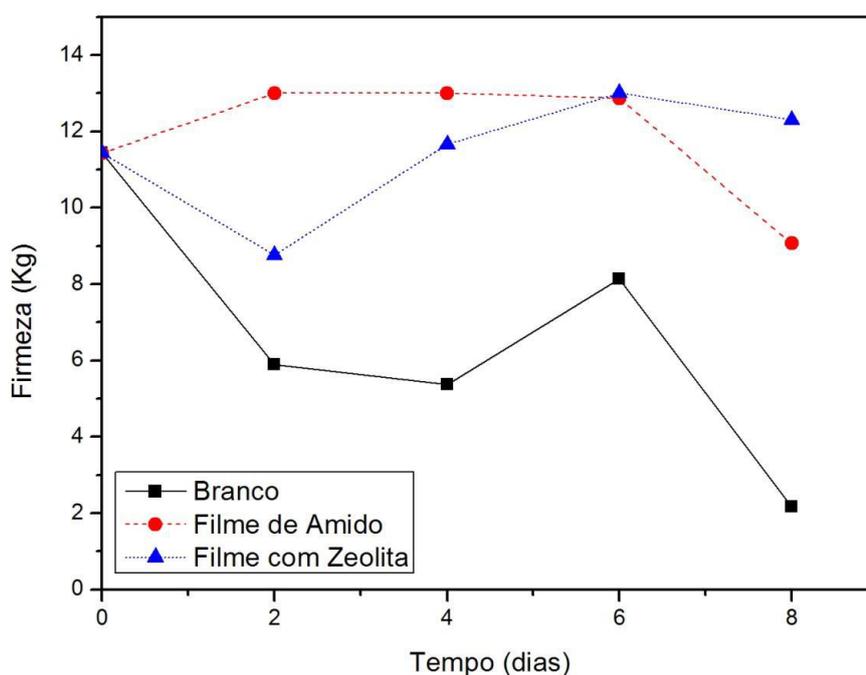
Após oito dias de armazenamento, os frutos sem o proteção filmogênica apresentaram redução da massa de 22%. Já os frutos recobertos com os filmes, analisados no mesmo período, apresentaram perda de massa em torno de 11%. A perda de massa dos frutos é uma variável importante que está relacionada com a qualidade do fruto. A perda de massa ocorre devido a respiração e transpiração do fruto, sendo a transpiração o fator principal. A existência de cobertura possibilitou menor perda de água para o meio externo. Os resultados mostram que os filmes de amido e de amido/zeólita

reduziram a transpiração do fruto auxiliando no prolongamento do período de comercialização. É importante lembrar que a perda de água de produtos armazenados não só resulta em perda de massa, mas também em perda de qualidade, principalmente pelas alterações na textura. Assim, como uma redução de perda de massa está relacionada principalmente com a menor eliminação de água pelos frutos, pode-se esperar que um fruto com proteção de filmes tenha qualidade superior uma vez que haverá menor perda de massa. Embora a diferença de perda de massa para os frutos protegidos

com filmes de amido e de amido/zeólita tenha sido praticamente a mesma, é possível observar perda de massa ligeiramente menor para os frutos recobertos com filme de amido. A explicação para essa observação pode estar associada diretamente com as trocas gasosas envolvendo  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$  com consequente perda de água. Dessa forma, a porosidade no filme devido a presença da zeólita permite trocas gasosas mais intensas levando a maior perda de água e,

consequentemente, a maior perda de massa quando comparada com o filme de amido sem a presença de zeólita.

A firmeza dos frutos é um parâmetro de simples verificação que pode prover informações úteis sobre o efeito dos filmes no que diz respeito a determinadas propriedades da goiaba. Os resultados das análises de firmeza são apresentados na Figura 4.



**Figura 4.** Firmeza (kg) de goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento

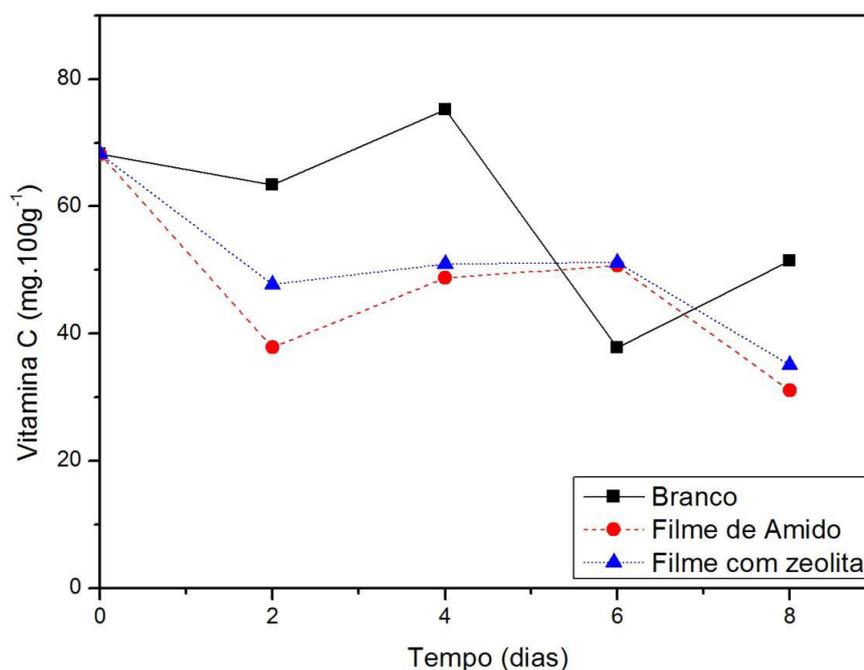
Nota-se que, durante o tempo de armazenamento, a firmeza das goiabas diminui de forma mais acentuada nos frutos não recobertos. Os filmes, tanto de amido como de amido/zeólita contribuíram para manter a dureza em um patamar elevado, inclusive indicando pequeno aumento desta propriedade. Com o avanço da maturação há uma despolimerização das substâncias pécnicas responsáveis pela manutenção da firmeza da parede celular. Em condições de atmosfera normal, ou seja, sem recobrimento, isso acontece normalmente. No entanto, o uso de cobertura nos frutos

pelo uso do biofilme de amido, associado ou não à zeólita, proporcionou menor troca gasosa, com diminuição da taxa respiratória dos frutos e consequentemente com diminuição do metabolismo energético, o que favoreceu a manutenção da firmeza por um período maior de tempo em razão de retardar o avanço da maturação do fruto. O pequeno aumento da dureza observado nos frutos recobertos pelos filmes pode estar associado aos eventuais enrugamento e murchamento das células das paredes celulares ocasionados pela eliminação de água pelo fruto, mas que pode ficar retida

nos filmes, gerando um falso efeito de enrijecimento do fruto, dificultando a entrada da ponteira do equipamento usado na determinação da dureza no tecido do fruto. Neste sentido, o filme contendo zeólita

apresentaria maior potencial de retenção de água, dada sua estrutura porosa, o que condiz com os resultados observados.

Os teores de vitamina C são mostrados na Figura 5:

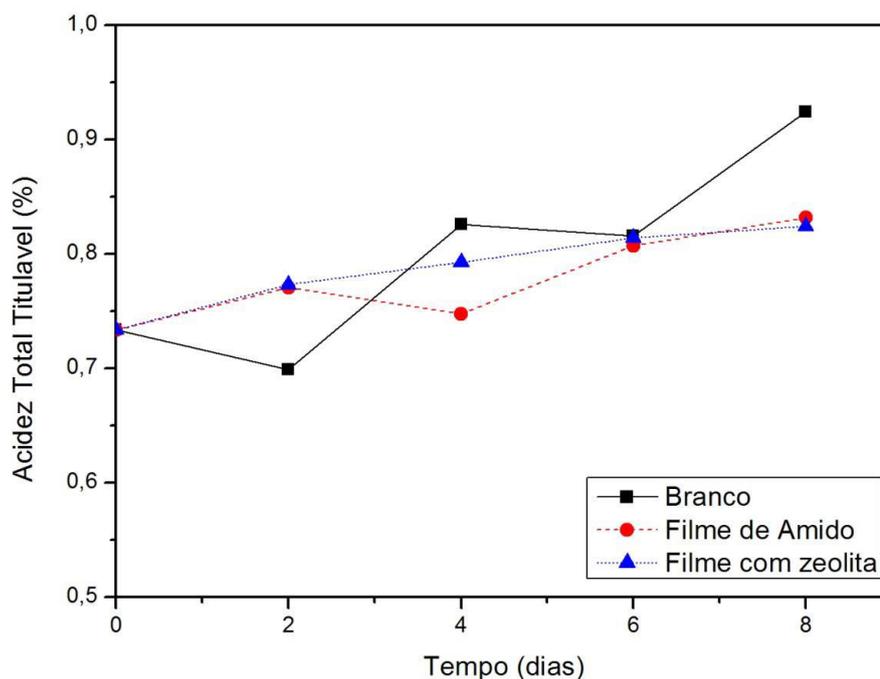


**Figura 5.** Vitamina C (mg.100g<sup>-1</sup>) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento

Observa-se que goiabas não tratadas com filmes apresentaram valores de ácido ascórbico (vitamina C) superiores em relação às goiabas tratadas, com tendência a declínio no final do período de armazenamento. Esse fato pode estar associado com o estágio de maturação dos frutos, uma vez que alguns frutos apresentavam-se mais verdes, sobretudo, para os frutos não tratados, pois de acordo com Chitarra e Chitarra,<sup>11</sup> frutos mais verdes apresentam conteúdo maior de ácido ascórbico. Frutos tratados com filmes apresentaram valores de ácido ascórbico semelhantes, sendo que os frutos tratados com filme contendo zeólita apresentaram menor conteúdo de ácido ascórbico. Os valores de ácido ascórbico encontrados nesse

trabalho estão dentro dos valores observados por Cavalin,<sup>12</sup> (62,8 - 84,94 mg.100 g<sup>-1</sup>, para goiaba 'Paluma', em diferentes estádios de maturação). No entanto, Vila *et al.*<sup>13</sup> trabalhando com fécula de mandioca em diferentes concentrações, observaram valores numa faixa de 110,90 - 168,52 mg.100 g<sup>-1</sup>, superiores, portanto, ao obtido neste trabalho para a mesma cultivar.

Com base nos resultados das análises de ATT (Figura 6), observa-se que para o controle houve um acréscimo de acidez titulável, enquanto que para os frutos recobertos com o filme de amido apresentaram variações pequenas durante o período de estudo.



**Figura 6.** Acidez Total Titulável (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento

Estes resultados mostram que não há diferenças significativas quando comparadas com o controle. As crescentes concentrações da ATT podem ser devidas ao amadurecimento no decorrer do armazenamento.

Ao longo do período de armazenamento verificou-se que o pH decresceu (Figura 7), sendo observado um ligeiro aumento no oitavo dia de armazenamento, comportamento também observado para os frutos de controle.

A pequena variação notada no último dia de armazenamento pode ser do resultado do efeito tampão da presença simultânea de ácidos orgânicos e seus sais, o que impediria a ATT de alterar os valores do pH.

Como poder ser observado na Figura 8, os teores de sólidos solúveis totais (SST) apresentaram uma tendência de aumento ao longo do período de armazenamento tanto para o controle quanto para os frutos recobertos com filme de amido.

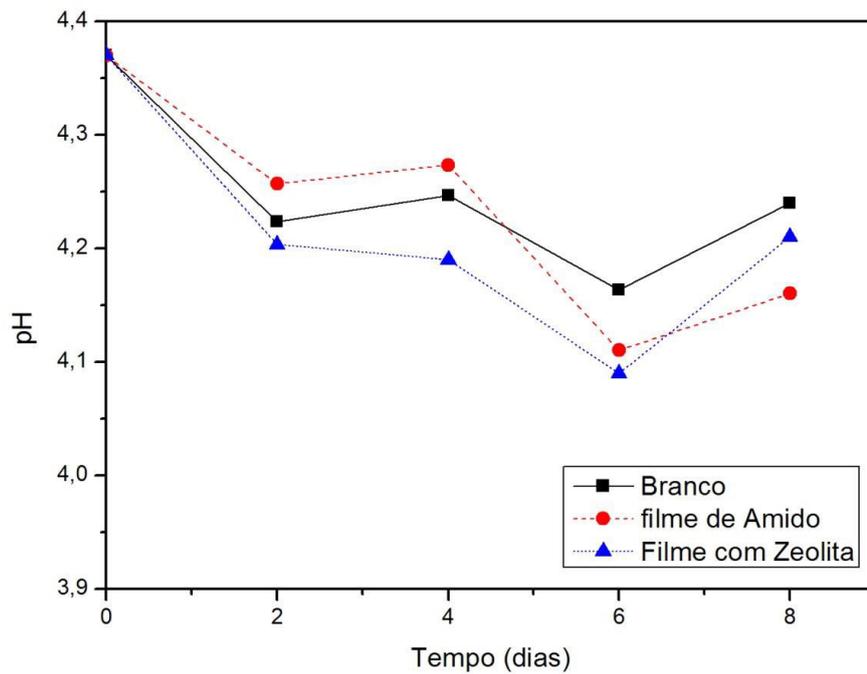


Figura 7. pH das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento

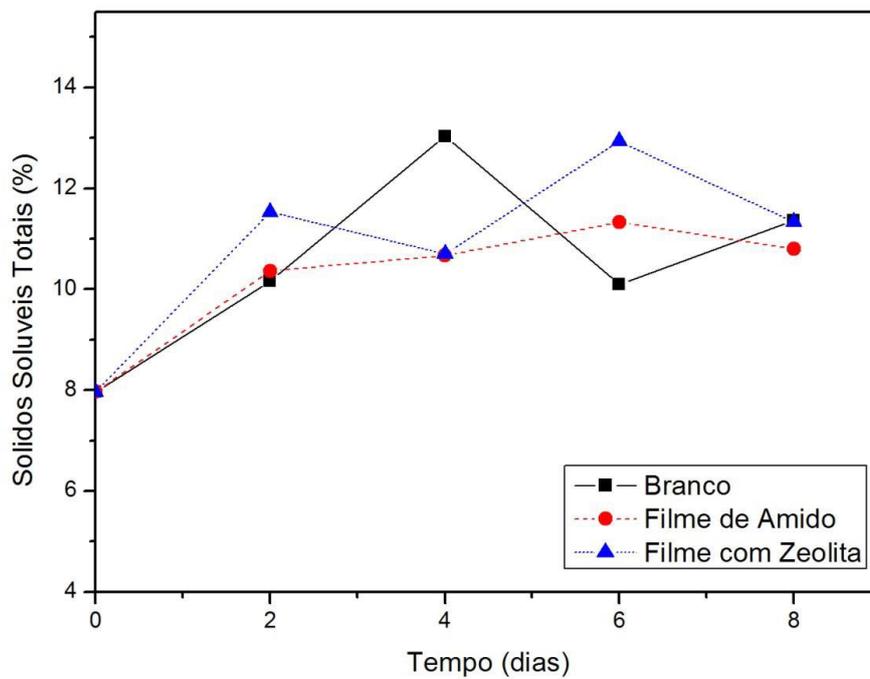


Figura 8. Sólidos Solúveis Totais (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento

O aumento em SST pode estar relacionado à perda de solutos decorrente da atividade respiratória e da transpiração, indicando que os frutos tiveram maior perda de água e consequente acúmulo de açúcares. Esses resultados estão de acordo com a variação de massa em função do tempo de armazenamento, e indicam que a cobertura está retardando o amadurecimento dos frutos e a perda de água e, assim, aumentando o tempo de prateleira dos mesmos.

Tanto os filmes de amido quanto os de amido/zeólita mostraram-se prontamente solúveis em meio aquoso, permitindo que uma lavagem simples com água pudesse eliminá-lo sem a necessidade de tratamentos adicionais.

#### 4. Conclusão

Os frutos utilizados foram eficientemente recobertos por filmes de amido e de amido com a zeólita NaA por meio de processo simples de imersão dos mesmos em soluções filmogênicas. A cobertura dos filmes sobre as frutas mostrou-se uniforme com espessura inferior a 1 mm. Os resultados das análises físico-químicas, realizadas ao longo de oito dias, mostraram haver significativa redução na perda de massa dos frutos protegidos pelos filmes, e também apontaram para a conservação de características inerentes à qualidade dos mesmos, além de apresentarem aspecto visual atrativo.

#### Agradecimentos

Ao CNPq e a FUNCAP pelo auxílio financeiro.

#### Referências Bibliográficas

- <sup>1</sup> Vicentino, S. L.; Floriano, P. A.; Dragunski, D. C.; Caetano, J. Filmes de mandioca modificados para recobrimento e conservação de uvas. *Química Nova* **2011**, *34*, 1309. [[CrossRef](#)]
- <sup>2</sup> Fakhouri, F. M.; Grosso, C. Efeito de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas in natura (*Psidium guajava* L.) mantidas sob refrigeração. *Brazilian Journal of Food Technology* **2003**, *6*, 203. [[Link](#)]
- <sup>3</sup> Oliveira, A. F.; Soldi, V.; Coelho, C. M. M.; Miqueloto, A.; Coimbra, J. L. M. Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes. *Química Nova* **2009**, *32*, 1845. [[CrossRef](#)]
- <sup>4</sup> Farias, M. G. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola. *Química Nova* **2012**, *35*, 546. [[CrossRef](#)]
- <sup>5</sup> Davanço, T.; Tanada-Palmu, P.; Grosso, C. Filmes compostos de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou capróico: efeito do pH e da adição de surfactantes sobre a funcionalidade dos filmes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* **2007**, *27*, 408. [[CrossRef](#)]
- <sup>6</sup> Belibi, P. C.; Daou, T. J.; Ndjaka, J. B.; Michelin, L.; Brendlé, J.; Nsom, B.; Durand, B. Tensile and water barrier properties of cassava starch composite films reinforced by synthetic zeolite and beidellite. *Journal of Food Engineering* **2013**, *115*, 339. [[CrossRef](#)]
- <sup>7</sup> Oshiro, A. M.; Scalon, S. P. Q.; Argandoña, E. J. S.; Zárate, N. A. H. Conservação pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato' em atmosfera modificada, associada ou não à refrigeração. *Revista Agrarian* **2011**, *4*, 294. [[Link](#)]
- <sup>8</sup> Azzolini, M.; Jacomino, A. P.; Bron, I. U. Índices para avaliar qualidades pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **2004**, *39*, 139. [[Link](#)]
- <sup>9</sup> Loiola, A. R.; Andrade, J. C. R. A.; Sasaki, J. M.; da Silva, L. R. D. Structural analysis of zeolite NaA synthesized by a cost-effective hydrothermal method using kaolin and its

use as water softener. *Journal of Colloid and Interface Science* **2012**, *367*, 34. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

<sup>10</sup> Strohecker, R.; Henning, H. M. *Analisis de vitaminas: métodos comprobados*. Paz Montalvo: Madri, 1967.

<sup>11</sup> Chitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2a ed, UFLA: Lavras, 2005.

<sup>12</sup> Cavalini, F. C.; Jacomino, A. P.; Lochoski, M. A.; Kluge, R. A.; Ortega, E. M. M. Maturity

indexes for 'kumagai' and 'paluma' guavas. *Revista Brasileira de Fruticultura* **2006**, *28*, 176. [[CrossRef](#)]

<sup>13</sup> Vila, M. T. R.; Lima, L. C. O.; Boas, E. V. B. V.; Hojo, E. T. D.; Rodrigues, L. J.; de Paula, N. R. F. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. *Ciência e Agrotecnologia* **2007**, *31*, 1435. [[CrossRef](#)]