



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFEITO DE FOSFITOS, OZÔNIO E REVESTIMENTO DE AMIDO NA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.)**

**HENRIQUE DE SOUSA HONORATO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**

**MARÇO/2019**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFEITO DE FOSFITOS, OZÔNIO E REVESTIMENTO DE AMIDO NA**  
**QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.)**

**ORIENTADOR: LUIZ EDUARDO BASSAY BLUM**

**HENRIQUE DE SOUSA HONORATO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMA**

**BRASÍLIA/DF**

**MARÇO/2019**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**EFEITO DE FOSFITOS, OZÔNIO E REVESTIMENTO DE AMIDO NA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.)**

**HENRIQUE DE SOUSA HONORATO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**APROVADO POR:**

---

**LUIZ EDUARDO BASSAY BLUM, Dr. Professor Adjunto (Universidade de Brasília)  
(Orientador)**

---

**ERNANDES RODRIGUES DE ALENCAR, Dr. Professor Adjunto (Universidade de  
Brasília) (Examinador Interno)**

---

**LÚCIO FLÁVIO DE ALENCAR FIGUEIREDO, Dr. Professor Adjunto (Universidade de  
Brasília) (Examinador Externo)**

**BRASÍLIA/DF**

**MARÇO/2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

HONORATO, Henrique de Sousa

‘EFEITO DE FOSFITOS, OZÔNIO E REVESTIMENTO DE AMIDO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.)’.

Orientação: Luiz Eduardo Bassay Blum, Brasília, 2019. 87 páginas.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2019.

1. Controle Alternativo 2. Fosfito 3. Ozônio

I. Blum. L. E. B. II. Dr.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

HONORATO, H.S. EFEITO DE FOSFITOS, OZÔNIO E REVESTIMENTO DE AMIDO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.).

## CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: HENRIQUE DE SOUSA HONORATO

Título da Dissertação de Mestrado: EFEITO DE FOSFITOS, OZÔNIO E REVESTIMENTO DE AMIDO NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA (*Psidium guajava* L.).

Grau: Mestre      Ano: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

HENRIQUE DE SOUSA HONORATO

CPF: 036.671.961-05

C.A.B.S ch 01 It 03 C 01

CEP: 71.080.005 Guarά II, DF, Brasil

(61) 99301-7806/ e-mail: [henrique.s.honorato@gmail.com](mailto:henrique.s.honorato@gmail.com)

*Dedico este trabalho aos meus pais  
e à minha família.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por cada conquista até aqui, por Sua direção em cada passo, pela força em meio às adversidades e o Seu cuidado a cada manhã.

À minha mãe, Maria Zelma Santos de Sousa minha maior incentivadora, que abraçou cada um dos meus sonhos e tem me apoiado em cada um deles.

Ao meu pai, Francisco Honorato Neto, por sua dedicação em ajudar ao longo da minha trajetória como estudante.

À minha namorada, Sabrina de Souza, por estar presente ao meu lado durante todo o projeto, me ajudando em muitas etapas, e tornando a caminhada mais leve, com amor.

Ao professor Dr Luiz Eduardo Bassay Blum, pelas oportunidades desde a graduação, sugestões feitas para o aperfeiçoamento deste projeto, disponibilidade em ajudar e importante contribuição para meu crescimento profissional.

Ao professor Dr Ernandes Rodrigues de Alencar, por disponibilizar o laboratório para a realização de etapas importantes dos experimentos e sua valiosa contribuição a este trabalho.

À minha família por todo o apoio. Em especial ao meu padrasto Vanderlei, à minha tia Nazaré e à minha prima Iracilene, pessoas de quem recebi conselhos valiosos e importante suporte ao longo da minha trajetória acadêmica.

À memória da minha irmã Auricélia, uma grande amiga, ouvinte e conselheira.

Aos amigos Alyson Silva e Lincoln Vicente pela amizade e o auxílio prestado em diversos momentos deste projeto.

Aos amigos do Laboratório de Análise de Alimentos – FAV/UnB, Wallas Felipe e Márcio Mendonça pela disponibilidade e auxílio na execução deste trabalho.

A todos os colegas do Laboratório de Micologia – Departamento de Fitopatologia IB/UnB, com destaque para Tainara Caixeta, Doyglas Vinícius, Pedro Batista, Eder Stölben e Justino Dias que tiveram importante participação na execução deste projeto.

À Universidade de Brasília, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, e a todos os professores, pela estrutura e apoio que possibilitaram a execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos, ao CNPq e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pelo apoio financeiro.

A todos familiares e amigos que demonstraram apoio durante a realização deste trabalho:

*Muito obrigado!*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESES.....	3
3. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo Geral .....	3
3.2. Objetivos Específicos .....	3
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1. A goiabeira ( <i>Psidium guajava</i> L.).....	4
4.1.1. A cultura da goiabeira .....	4
4.1.2. Botânica da goiabeira.....	4
4.1.3. Produção de goiaba .....	5
4.1.4. Aspectos nutricionais .....	6
4.2. Principal doença em pós-colheita: antracnose ( <i>Colletotrichum gloesporioides</i> ).....	7
4.2.1. Controle da antracnose.....	9
4.3. Controle alternativo.....	9
4.4. Fosfitos.....	10
4.5. Revestimentos comestíveis em frutas .....	11
4.6. Ozônio.....	12
4.7. Parâmetros para avaliação da qualidade físico-química .....	13
4.7.1. Firmeza.....	14
4.7.2. Sólidos Solúveis Totais.....	14
4.7.3. Acidez Titulável.....	15
4.7.4. pH.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
CAPÍTULO I - EFEITO DOS TRATAMENTOS COM FOSFITOS E OZÔNIO SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABAS “PEDRO SATO” .....	25
1. INTRODUÇÃO.....	28



2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1. Obtenção e tratamento prévio dos frutos .....	30
2.2. Aplicação de fosfitos em goiabas na etapa pós-colheita.....	30
2.3. Tratamento de goiabas com água ozonizada na etapa pós-colheita.....	31
2.4. Avaliação da qualidade físico-química dos frutos .....	33
2.4.1. Perda de Massa Fresca (PMF) .....	33
2.4.3. Sólidos Solúveis Totais (SST) .....	33
2.4.4. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	33
2.4.5. Acidez Titulável (AT).....	34
2.4.6. Maturação.....	34
2.4.7. Porcentagem de área danificada do fruto (%AD) .....	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
3.1. Avaliação preliminar dos lotes de frutos.....	35
3.2. Aplicação de fosfitos em goiabas na etapa pós-colheita.....	35
3.3. Tratamento de goiabas com água ozonizada na etapa pós-colheita.....	39
4. CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
CAPÍTULO II - O USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL COMBINADO A TRATAMENTOS COM FOSFITOS E OZÔNIO NO PÓS-COLHEITA DE GOIABAS “PEDRO SATO” .....	49
1. INTRODUÇÃO.....	52
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.1. Origem e tratamento prévio dos frutos .....	54
2.2. Aplicação dos fosfitos .....	54
2.3. Tratamentos com água ozonizada .....	55
2.4. Preparo e aplicação de revestimento de amido .....	55
2.5. Avaliação da qualidade físico-química dos frutos .....	56

2.5.1. Perda de Massa Fresca (PMF) .....	56
2.5.2. Firmeza.....	56
2.5.3. Sólidos Solúveis Totais (SST) .....	56
2.5.4. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	57
2.5.5. Acidez Titulável (AT).....	57
2.5.6. Maturação.....	57
2.5.7. Porcentagem de área danificada do fruto (%AD) .....	58
2.5.8. Delineamento .....	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	59
3.1. Avaliação preliminar dos lotes de frutos.....	59
3.2. Aplicação de fosfitos combinada ao uso de revestimento de amido.....	59
3.3. Tratamentos com água ozonizada combinados ao uso de revestimento de amido ..	64
4. CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68

## ÍNDICE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1 - (A) Esquema do princípio de geração do gás ozônio baseada no método DBD – Descarga por Barreira Dielétrica. [Fonte: (FERREIRA, 2017)]. (B) Escala de cores e valores de maturação para a cultivar “Pedro Sato”: 1: verde-escuro; 2: verde; 3: verde-mate; 4: verde-amarelo; 5: 50% amarelo; 6: amarelo com base verde; 7: totalmente amarelo (VIEIRA, 2008).....32

### CAPÍTULO II

Figura 1 – Escala de cores e valores de maturação para a cultivar “Pedro Sato”: 1: verde-escuro; 2: verde; 3: verde-mate; 4: verde-amarelo; 5: 50% amarelo; 6: amarelo com base verde; 7: totalmente amarelo (VIEIRA, 2008).....57

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – composição química de goiabas vermelhas com valores expressos por 100g da fruta.....	7
---	---

### CAPÍTULO I

Tabela 1 – Médias iniciais e o padrão da massa, estágio de maturação, firmeza, sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez titulável (AT) de lotes de goiaba “Pedro Sato” usadas nos experimentos com fosfito e com água ozonizada.....	35
--	----

Tabela 2. Médias de Perda de Massa Fresca (PMF), Estágio de Maturação, Firmeza ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), Sólidos Solúveis Totais (SST), pH, Acidez Titulável (AT) e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiabas cv. Pedro Sato, submetidas à imersão por 20 minutos em solução com diferentes concentrações de Fosfito K e Fosfito Ca, e armazenadas a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p<0,05$ )].....	38
---	----

Tabela 3. Médias de Perda de Massa Fresca (PMF); Estágio de Maturação; Firmeza ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ); Sólidos Solúveis Totais (SST); pH; Acidez Titulável (AT); e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiabas cv. Pedro Sato, submetidas a diferentes períodos de imersão (10 minutos; 20 minutos; 30 minutos) em água ozonizada, e armazenadas a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p<0,05$ )].....	41
---	----

### CAPÍTULO II

Tabela 1 – Médias iniciais e erro padrão da massa, estágio de maturação, firmeza, sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez titulável (AT) de lotes de goiabas “Pedro Sato” usados nos experimentos com fosfito e com água ozonizada.....	59
--	----

Tabela 2. Médias de Perda de Massa Fresca (PMF), Estágio de Maturação, Firmeza ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), Sólidos Solúveis Totais (SST), pH, Acidez Titulável (AT) e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiabas cv. Pedro Sato, submetidas à imersão por 20 minutos em solução com diferentes concentrações de Fosfito K e Fosfito Ca seguida da aplicação de revestimento de amido, e armazenadas a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p<0,05$ )].....	63
---	----

Tabela 3. Médias de Perda de Massa Fresca (PMF), Estágio de Maturação, Firmeza ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), Sólidos Solúveis Totais (SST), pH, Acidez Titulável (AT) e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiabas cv. Pedro Sato, submetidas a diferentes períodos de imersão (10 minutos; 20 minutos; 30 minutos) em água ozonizada, seguidos da aplicação de revestimento de amido, e armazenados a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p < 0,05$ )].....66

## RESUMO GERAL

O Brasil apresenta grande potencial na produção de goiaba (*Psidium guajava*), uma das principais fruteiras de clima tropical, com produção crescente pelo mercado de frutas *in natura*. A alta perecibilidade dos frutos, característica da goiaba, e a ocorrência de doenças em pós-colheita, são alguns entraves para a comercialização. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos tratamentos com fosfito, ozônio e revestimento de amido na qualidade pós-colheita de goiabas. Foram realizados quatro grupos de experimentos com frutos obtidos de cultivo convencional situado em Brazlândia / DF. Na primeira etapa do trabalho foram aplicadas as doses recomendadas pelos fabricantes dos fosfitos, e sub doses correspondentes à metade do valor recomendado para cada produto (Fosfito K 0,75%; Fosfito K 1,5%; Fosfito Ca 1,5%; Fosfito Ca 3,0%). A aplicação dos tratamentos foi feita por imersão dos frutos nas soluções com fosfitos por 20 minutos. No segundo experimento da primeira etapa do trabalho foram avaliados três períodos de exposição (10 min., 20 min. e 30 min.) dos frutos à  $21\text{mg.L}^{-1}$  de ozônio aplicado em água. Os frutos foram acondicionados em incubadores com fotoperíodo de 12h a  $25^{\circ}\text{C}$ , de 3 a 6 dias. Análises físico-químicas (Perda de massa fresca – PMF; Firmeza; pH; Sólidos solúveis totais – SST e Acidez titulável - AT) foram realizadas no início, no terceiro e no sexto dia de armazenamento. Os resultados com Fosfito Ca 1,5% indicaram maior firmeza dos frutos, assim como menor PMF. Tratamentos com fosfito K mostraram pouco efeito no SST. Na etapa com ozônio ( $21\text{mg.L}^{-1}$ ) os tratamentos avaliados apresentaram menores PMF e maior firmeza até o terceiro dia. Na segunda etapa do trabalho foi avaliada a influência da combinação de concentrações de fosfitos e diferentes tempos de imersão em água ozonizada, com o revestimento de amido, na qualidade pós-colheita de goiaba. Foram aplicadas as doses recomendadas pelos fabricantes de fosfitos, e sub doses correspondentes à metade. Após a aplicação dos fosfitos por imersão foi feita a aplicação do revestimento por imersão dos frutos em suspensão de amido (2%). Em outro trabalho, os frutos foram submetidos a diferentes tempos de imersão em água ozonizada, e em seguida à aplicação de revestimento. Os frutos foram acondicionados em incubador com fotoperíodo de 12h a  $25^{\circ}\text{C}$ , de 3 a 6 dias. Análises físico-químicas (PMF, Firmeza, pH, SST, AT) foram realizadas no início, no terceiro e no sexto dia de armazenamento. As combinações de fosfito com o revestimento de amido afetaram positivamente a preservação da qualidade dos frutos, com PMF menor e maior firmeza ao

longo dos 6 dias. A combinação de amido à água ozonizada apresentou menores PMF após 6 dias.

**Palavras-chave:** fosfito; ozônio; pós-colheita; controle alternativo; revestimentos comestíveis.

### ABSTRACT

Brazil has great potential in the production of guava (*Psidium guajava* L.), one of the main fruit trees among the of tropical climate, with increasing production driven by the *in natura* fruit market. The high perishability of guava fruits, and the occurrence of post-harvest diseases are some obstacles to commercialization. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of treatments with phosphite, ozone and starch coating on post-harvest quality of guavas. Four groups of experiments were carried out with fruits obtained from conventional cultivation located in Brazlândia / DF. In the first stage of the work, the doses recommended by the manufacturers of phosphite products and sub doses corresponding to half of the recommended value for each product were applied (Phosphite K 0.75%, Phosphite K 1.5%, Phosphite Ca 1.5%, Phosphite Ca 3.0%). The treatments were applied by immersing the fruits in the phosphite solutions for 20 minutes. In the second experiment of the first stage of the work, three periods of exposure (10 min, 20 min and 30 min) of the fruits to 21mg.L<sup>-1</sup> of ozone applied in water were evaluated. The fruits were conditioned in incubators with light for 12h at 25 ° C, from 3 to 6 days. Physical-chemical analyzes (fresh mass loss – FML, Firmness, pH, total of soluble solids – TSS and titratable acidity –TA) were performed at the beginning, on the third and on the sixth day of storage. The results with Phosphite Ca 1.5% indicated greater firmness of the fruit, as well as loss of mass less accentuated. Treatments with K phosphite had low effect on SST. In the stage with ozone (21mg.L<sup>-1</sup>) the evaluated treatments had lower FML and greater firmness until the third day. In the second stage of the work, the influence of the combination of phosphite and different immersion times in ozonated water, with starch coating, on post-harvest guava quality was evaluated in two experiments. The dosages recommended by the manufacturers of phosphite products, and sub doses corresponding to half of these values were applied. After applying the phosphites by immersion, the coating was applied by immersion of the fruits in suspension of starch (2%). In the second experiment, the fruits were submitted to different times of immersion in ozonated water, and coating application. The fruits were conditioned in an incubator with light for 12h at 25 °C, from 3 to 6 days. Physical-chemical analyzes (FML, Firmness, pH,

TSS, TA) were performed at the beginning, on the third and on the sixth day of storage. The phosphite combinations with the starch coating had a positive effect on fruit quality of the fruits with smaller FML and greater firmness during the 6 days of storage. The combination of starch and ozonated water presented lower FML in 6 days.

**Key words:** phosphite; ozone; post-harvest; alternative control; edible coatings.



## 1. INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma das principais culturas entre as fruteiras de clima tropical, apresentando incremento crescente das áreas de plantio, voltados principalmente a atender às demandas industriais. No entanto, é significativo o crescimento do mercado de frutas *in natura*, sobretudo nos grandes centros urbanos (FORATO et al., 2015).

O Brasil apresenta grande potencial para a produção industrial da goiabeira visto as imensas áreas de clima e solo favoráveis, sendo esse aspecto de grande importância, não apenas pelo valor nutritivo da fruta, mas também pela perspectiva que representa no incremento da produção agrícola, na ampliação da atividade industrial e no potencial de exportação (ROZANE, 2003).

A valorização da goiaba, tanto como matéria-prima para elaboração de inúmeros produtos industrializados quanto para o consumo na forma de fruta fresca, tem proporcionado grandes mudanças no sistema de produção e comercialização ao longo dos últimos anos. A expansão do mercado consumidor está condicionada à qualidade dos frutos e ao aumento da vida útil destes, uma vez que a goiaba é altamente perecível devido ao intenso metabolismo (AZZOLINI et al., 2004).

A alta perecibilidade dos frutos tem se mostrado como um dos grandes problemas enfrentados na comercialização. A goiaba como fruto climatérico possui clara transição entre o crescimento e a senescência, caracterizada pelo aumento da atividade respiratória e biossíntese de etileno (RHODES, 1980).

Problemas relacionados à fitossanidade da cultura também representam sério entrave para a comercialização, uma vez que comprometem a quantidade e qualidade dos frutos. As doenças pós-colheita podem ocasionar perdas, estimadas por alguns autores em valores entre 5 e 50%, sendo a principal doença de pós-colheita em goiaba, a antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (SALUNKHE; DESAY, 1984; ZAMBOLIM et al. 2002; VENTURA; COSTA, 2006; VENTURA; COSTA, 2003).

Somada a característica de alta perecibilidade do frutos e fitossanidade, existe também uma exigência crescente entre os consumidores por alimentos livres de resíduos químicos, o que gera a necessidade do estudo de alternativas ao controle químico das doenças de plantas,

principalmente na etapa pós-colheita, que não poluam e possam ser empregadas de imediato por pequenos e grandes produtores (VENTURA; COSTA, 2006).

Surge como alternativa de controle de doenças em pós-colheita a utilização de fosfitos, sais inorgânicos que são ânions ( $P_2O_5$ ) produzidos por neutralização do ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ), que podem exercer controle de fungos, tanto pelo seu efeito tóxico sobre esses microrganismos, quanto pela ativação das rotas de defesa da planta. (DELIOPOULUS et al. 2010).

O ozônio é uma forma alotrópica do oxigênio; formado por uma molécula instável da adição de um átomo de oxigênio à molécula diatômica de oxigênio ( $O_2$ ), é reconhecido desde 1982 como uma substância segura pelo FDA ('Food and Drug Administration'), inicialmente com uso restrito à água engarrafada, teve utilização estendida aos alimentos anos mais tarde. O ozônio apresenta amplo espectro de ação sobre microrganismos, atuando sob vírus, fungos, bactérias, leveduras e formas esporuladas, e também não deixa resíduos quando utilizado em alimentos (GÜZEL-SEYDIM et al., 2004; KIM et al., 1999; CHIATTONE et al., 2008).

Os filmes e coberturas comestíveis são utilizados desde os séculos XII e XIII na China. Exercem a função de inibir ou reduzir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, lipídios e aromas, promovendo barreiras semipermeáveis. A aplicação de revestimentos comestíveis semipermeáveis tem demonstrado aumentar a vida útil de frutos tropicais, evitando perda de água, mudanças de cor, melhorando a textura e integridade mecânica dos frutos e reduzindo o crescimento microbiano (FAKHOURI et al., 2007).

São diversos os métodos com o potencial de ampliar a vida útil dos frutos e auxiliar no controle de doenças. A atmosfera modificada, a ozonização, o uso de fosfitos, o tratamento hidrotérmico e o uso de filmes de revestimento comestíveis, são algumas das alternativas estudadas com a finalidade de preservar a qualidade pós-colheita dos frutos.

## 2. HIPÓTESES

- ✓ A aplicação de fosfito retarda o processo de maturação dos frutos de goiaba;
- ✓ Fosfito reduz os danos provocados pela antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*);
- ✓ A combinação de fosfito com o revestimento comestível de amido preserva por maior período as propriedades físico-químicas dos frutos de goiaba;
- ✓ A ozonização mantém a qualidade dos frutos por maior período;
- ✓ O ozônio reduz os danos provocados pela antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*).

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência dos tratamentos com fosfito, amido e ozônio sobre a qualidade de frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.).

### 3.2. Objetivos Específicos

Avaliar a perda de massa fresca (PMF), o avanço do processo de maturação, a porcentagem de área danificada por lesões naturais de antracnose, a firmeza, o teor de sólidos solúveis totais (SST), o pH, e a acidez titulável (AT) de frutos de goiaba submetidos a tratamentos pós-colheita.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. A goiabeira (*Psidium guajava* L.)

#### 4.1.1. A cultura da goiabeira

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é originária da América Tropical, possivelmente entre o México e o Peru, onde ainda pode ser encontrada em estado silvestre. Sua capacidade de dispersão e rápida adaptação a diferentes ambientes possibilitaram a presença dessa Mirtaceae em amplas áreas tropicais e subtropicais do globo, sendo mesmo considerada uma praga em algumas regiões (MENZEL, 1985).

As primeiras referências à goiabeira são do cronista espanhol Oviedo, e datam do período entre 1514 a 1557 (RUEHLE, 1964), referindo-se à goiabeira pelo nome de ‘guayabo’ e fazendo considerações sobre o comportamento vegetativo das plantas encontradas em algumas regiões da Índia.

No Tratado Descritivo do Brasil (1587), Gabriel Soares de Souza faz a primeira referência à goiabeira. A goiaba pode ser considerada a mais brasileira das frutas tropicais, mesmo não havendo consenso entre os pesquisadores sobre a localização exata de sua origem na América Tropical (HOEHNE, 1946).

A expansão dos pomares em todo o país ocorre associada à sua adaptabilidade às várias condições edafoclimáticas, e à dupla aptidão dos frutos, que podem ser consumidos tanto frescos como na industrialização, agregando valor na fabricação de vários produtos (ROZANE; OLIVEIRA; LÍRIO, 2003).

#### 4.1.2. Botânica da goiabeira

A goiabeira pertence à família das Myrtaceae, que é composta por mais de 140 gêneros e 3500 espécies, distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do globo, principalmente na América e na Austrália. À família Myrtaceae pertencem outras frutíferas dos trópicos como a pitanga, a grumichama, o jambo e a *Feijoa sellowiana* (goiaba serrana) (WATSON; DALLWITZ, 2007; WILSON et al, 2005).

Dentro de *Psidium* estão presentes cerca de 150 espécies, dentre as quais se destacam *P. guajava* (goiaba), *P. catleyanum* Sabine (araçá-doce, araçá-de-praia ou araçá-de-coroa) e

*P. guineense* Swartz ou *P. aração* Raddali (araçá-verdadeiro ou araçá-azedo) (GONZAGA NETO, 1990; PEREIRA, 1995).

A goiabeira é considerada um arbusto, com altura variando entre 3 e 6 metros. As folhas são opostas, de formato elíptico-oblongo, caindo após a maturação. As flores são brancas, hermafroditas, e se apresentam de forma isolada ou em grupos de duas ou três nas axilas das folhas, nas brotações surgidas em ramos maduros, as flores localizadas do meio até a base apresentam maior probabilidade de produzir frutos. Os frutos da goiabeira são bagas de tamanho, forma e coloração da polpa em função da variedade. A frutificação ocorre de modo geral, após o segundo ou terceiro ano de plantio (KOLLER, 1979).

#### 4.1.3. Produção de goiaba

Os maiores produtores mundiais de goiaba são: Índia, Paquistão, Brasil, Egito, Venezuela, Estados Unidos, África do Sul, México, Austrália e Quênia. No Brasil os estados que se destacam na produção dessa fruta, são: São Paulo (130.058t), Pernambuco (103.697t), Minas Gerais (17.688t), Ceará (13.984t) e Rio de Janeiro (10.964t) (IBGE, 2013).

A cultura tem boa adaptação nas diferentes regiões do Brasil, mas são considerados ideais os locais com precipitação média anual superior a 1000 mm, bem distribuída e temperatura média anual entre 18 e 25°C. A espécie não tolera geada, ventos frios e solos encharcados (PEREIRA; NATCHTIGAL, 2003).

A safra natural de goiabas no Brasil ocorre entre os meses de janeiro e abril, com maior concentração em fevereiro, épocas em que o produto alcança os menores preços no mercado, e a oferta varia tanto em volume quanto em qualidade, em consequência do regime de frutas. A realização de podas de frutificação permite colheitas durante todos os meses do ano (HOJO, 2007).

Existe mais de 400 cultivares de goiaba distribuídas pelas diferentes regiões produtoras no mundo, apesar de algumas poucas dezenas serem de fato plantadas em escala comercial. A cultivar “Pedro Sato”, comumente plantada na região do Distrito Federal, foi selecionada por produtores a partir de pomares constituídos por plantas propagadas por sementes, provavelmente “Ogawa Vermelha N°1”, no Rio de Janeiro, Brasil. Plantas vigorosas com produções relativamente altas; frutos levemente ovais, boa aparência (150 a 280g), algumas vezes alcançando 400g em ramos raleados; casca bem rugosa; polpa rosada, espessa e firme; sabor agradável e poucas sementes; na atualidade é a cultivar de mesa de

casca rugosa mais plantada em São Paulo (Brasil). No Brasil estão presentes ainda as cultivares: Paluma; Rica; Kumagai; Sassaoka; Ogawa; Yamamoto; Século XXI (WATLINGTON, 2006).

No Distrito Federal a produção aproximada de goiaba é de 8.100,70t, em uma área total de 297,03ha, sendo a segunda dentre as frutíferas em produção e área de cultivo. A região administrativa de Brazlândia é responsável por mais de 99% da produção no Distrito Federal (EMATER-DF, 2016).

#### 4.1.4. Aspectos nutricionais

Os frutos da goiabeira além de apresentar aroma e sabor inconfundíveis possuem alta qualidade nutricional, indicada por seus elevados teores de selênio, cobre, fósforo, magnésio, cálcio, ferro, zinco e ácido fólico e vitaminas A, E e do complexo B. A goiaba possui ainda alto teor de vitamina C, inferior apenas ao da acerola quando comparada às frutas ricas nessa vitamina. Também é caracterizada pelo teor significativo de outras substâncias, como o teor de fibra (3,0 a 6,0%), e o teor de proteína que varia entre 0,8% e 1,0%, o que é considerado um valor satisfatório, normalmente superior à maioria das frutas cultivadas comercialmente (PIEADADE NETO, 2003).

A composição química da goiaba é variável, sendo influenciada por fatores como: condições de cultivo, variedade e estágio de maturação, condições climáticas durante o desenvolvimento e procedimentos durante o cultivo (VIEIRA, 2010).

A Tabela 1 apresenta a composição nutricional média da goiaba in natura disponibilizada na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006), elaborada pelo Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação (NEPA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), e pelo Banco de Dados de Nutrientes Americano (USDA, 2018).

Tabela 1 – Composição química de goiabas vermelhas com valores expressos por 100g da fruta.

Componente	Unidade	Quantidade1	Quantidade2
Umidade	G	85,00	80,80
Energia	kcal	54,00	68,00
Proteínas	G	1,10	2,55
Lipídeos	G	0,40	0,95
Carboidratos	G	13,00	14,32
Fibra Alimentar	G	6,20	5,40
Cinzas	G	0,50	1,39
Açúcares totais	G	*	8,92
Cálcio	mg	*	18,00
Magnésio	mg	7,00	22,00
Manganês	mg	0,09	0,15
Fósforo	mg	15,00	40,00
Ferro	mg	0,20	0,26
Sódio	mg	> 0,05	2,00
Potássio	mg	198,00	4,17
Cobre	mg	0,04	0,23
Zinco	mg	0,10	0,23
Ácido ascórbico	mg	*	228,30
Tiamina	mg	> 0,05	0,07
Riboflavina	mg	> 0,05	0,04
Niacina	mg	> 0,05	1,08
Piridoxina	mg	0,03	0,11

Fonte: 1 Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006); 2BDN – Banco de Dados de Nutrientes (USDA, 2018). \*Dado Indisponível

#### 4.2. Principal doença em pós-colheita: antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*)

*Colletotrichum gloeosporioides* é o agente causal da antracnose, maior responsável pelas perdas em pós-colheita de goiaba, cuja a fase sexuada é *Glomerella cingulata* (Ston.) Spauld. & Scherenk. As espécies de *Colletotrichum* apresentam ampla distribuição geográfica, encontrando condição favorável em ambientes quentes e úmidos nas regiões tropicais. O gênero inclui desde espécies saprófitas até fitopatógenos, que ocorrem em diversas espécies hospedeiras, dentre elas, culturas agrícolas, plantas medicinais, arbustos e árvores silvestres, causando podridões em colmos, caules e frutos, seca de ponteiros, manchas foliares, infecções latentes e antracnoses. As antracnoses são descritas como lesões necróticas profundas e delimitadas nos tecidos (BAILEY: JEGER, 1992).

*Colletotrichum gloeosporioides* é considerada a espécie mais disseminada, heterogênea e importante, principalmente nos trópicos. Os conídios são hialinos e unicelulares

produzidos no interior de acérvulos subepidérmicos dispostos em círculos, geralmente formados em conjuntos de coloração salmão, retos e cilíndricos, com ápices obtusos e bases às vezes truncadas, medindo 12-17 µm de comprimento por 3,5-6 µm de largura. Dentro dos acérvulos, os conídios estão envolvidos por uma matriz gelatinosa alaranjada, constituída de polissacarídeos e proteínas solúveis em água, a qual tem a função de protegê-los da dissecação e aumenta a eficiência de germinação e penetração no tecido hospedeiro (MENEZES, 2002).

A fixação do fungo em seu hospedeiro se dá pela penetração por meio dos ferimentos causados por insetos, por lesões que aparecem durante o manuseio do fruto ou pela cavidade floral. A penetração pode vir a ocorrer também pela superfície intacta do fruto, por meio da prévia formação de apressórios. Temperaturas elevadas favorecem a infecção, sendo a faixa ótima para a atividade do fungo, temperaturas entre 22 e 25°C. Para que ocorra a germinação dos esporos é necessária água livre disponível. As temperaturas ótimas para germinação de conídios e formação de apressórios estão entre 22 e 23°C. A liberação dos acérvulos ocorre somente em condição de alta umidade. Respingos de chuva são meios comuns de disseminação. Luz solar, baixa umidade e temperaturas extremas (abaixo de 18°C ou superior a 28°C) provocam a inativação dos esporos rapidamente (MORAES, 2009).

A infecção dos frutos pode ocorrer de forma precoce, sendo caracterizada pelo aparecimento de manchas circulares, secas, elevadas e de pústulas em forma de cancos. Quando os sintomas são mais severos as lesões são de aspecto deprimido, encharcado e de coloração marrom. As lesões podem coalescer resultando em uma grande mancha de formato irregular. A coloração dessas lesões é marrom-clara de formato irregular e com o tempo, crescem e ficam mais deprimidas, chegando a atingir mais de 1,5 cm em diâmetro, apresentando formato irregular. A alta umidade pode levar a formação de uma massa de esporos de cor róseo-avermelhada sobre o centro das lesões. Com o aumento de tamanho dos frutos, a superfície das lesões tende a romper por não acompanhar o desenvolvimento do tecido ao seu redor. A infecção não penetra na polpa, mas afeta o aspecto visual dos frutos inutilizando-os para o mercado de consumo *in natura* (JUNQUEIRA et al., 2001).

No Distrito Federal, a antracnose pode causar perdas expressivas, mesmo em pomares bem cuidados, durante o período de janeiro a março, em que as temperaturas noturnas estão amenas (18°C a 22°C) e a umidade relativa é em geral mais elevada (JUNQUEIRA et al., 2001).



#### 4.2.1. Controle da antracnose

As formas de controle mais comuns envolvem medidas preventivas, como práticas culturais, com destaque para a poda e o bom arejamento das plantas no pomar. Os frutos protegidos devem receber cuidado especial, de modo a evitar a formação de câmaras úmidas. Frutos doentes e/ ou mumificados devem ser retirados do pomar, uma vez que constituem fontes de inóculo (VENTURA; COSTA, 2003).

Pulverizações com fungicidas usados para outras doenças também são usados para reduzir o inóculo no pomar. Óxido cuproso (cúprico), oxiclreto de cobre (cúprico), difenoconazol (triazol), tebuconazol (triazol) + trifloxistrobina (estrobirulina) estão entre os princípios ativos registrados oficialmente para o controle da antracnose, (AGROFIT, 2018).

A adubação nitrogenada feita de forma equilibrada; cuidados na colheita que evitem a permanência de frutos maduros nas plantas; lavar os frutos em água corrente e submetê-los a tratamento térmico, refrigeração ou sob condição de atmosfera modificada também são medidas utilizadas no pré e pós-colheita de goiaba para reduzir o inóculo (FERRAZ et al., 2013).

#### 4.3. Controle alternativo

O modelo convencional de agricultura está construído em torno da maximização da produção e do lucro. Na busca desses objetivos, diversas práticas se consolidaram, sem que houvesse preocupação com as consequências em longo prazo e sem considerar a dinâmica ecológica dos agroecossistemas. Dentre as práticas básicas adotadas por esse modelo, o controle químico de pragas e doenças constitui a espinha dorsal da agricultura moderna. Além de serem responsáveis por grande parte dos custos de produção, os pesticidas têm um efeito profundo no ambiente e, frequentemente, sobre a saúde humana (MICHEREFF, 2001; TOMITA et al., 2016)

A adoção de tecnologias desenvolvidas com o objetivo de alcançar altas produtividades, sem que sejam considerados seus impactos sobre os ecossistemas e a organização social e a cultura das comunidades locais, tem promovido, entre consequências negativas, desequilíbrio na regulação biótica dos agroecossistemas, e consequentemente, aumento exacerbado na incidência e na severidade das doenças das plantas cultivadas (DAL SOGLIO, 2004).

Efeitos deletérios ao homem e aos animais, o acúmulo de resíduos tóxicos no solo, na água e nos alimentos, o desequilíbrio biológico, alterando a ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica, a eliminação de organismos benéficos e a redução da biodiversidade, são algumas das consequências do modelo agrícola atual. Diante deste quadro, o modelo agrícola convencional passou a representar uma ameaça real à qualidade dos produtos agrícolas e à sustentabilidade econômica, ecológica e social de diversos agrossistemas (BETTIOL e GHINI, 2003).

A busca por estratégias alternativas de controle como o uso de compostos naturais e tratamentos físicos que promovam a resistência dos tecidos vegetais aos patógenos, a substituição de fungicidas, e prolonguem o período de armazenamento, passam a ter papel de destaque diante dos efeitos do modelo convencional de agricultura (CAMILI et al., 2004).

#### 4.4. Fosfitos

O uso de fosfito na agricultura brasileira é uma prática recente, e tem crescido de forma significativa, devido às características dos produtos à base deste composto que contribuem para aumento na produtividade e na qualidade dos produtos finais. Entre as principais vantagens do uso de fosfito na agricultura é possível destacar, a absorção rápida de fósforo pela planta em comparação com produtos à base de fosfato, o baixo custo relativo da matéria-prima, o prolongamento do tempo de conservação do produto após a colheita, e por fim, a ação dupla do fosfito, ou seja, além de fertilizante, ele atua como fungicida (FRANZINI, 2007).

O fósforo fornecido as plantas têm como principal fonte os fertilizantes fosfatados provenientes do ácido fosfórico que em solução aquosa, originam os íons fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Os fosfitos possuem um oxigênio a menos ( $\text{PO}_3^{3-}$ ) que os fosfatos e são provenientes do ácido fosforoso ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ). Essa característica química confere aos fosfitos maior solubilidade em água, sendo absorvidos entre 3 a 6 horas. Após a sua absorção pelas plantas, o íon fosfito apresenta uma distribuição ascendente desde os brotos até os pontos de crescimento e descendente desde os brotos até os pontos de crescimento das raízes, conferindo uma proteção completa das plantas ao ataque de fungos e este íon favorece a absorção dos nutrientes catiônicos, tais como o potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês (BRANDÃO, 2006).

O fósforo na forma elementar não aparece na natureza porque apresenta alta reatividade e se combina rapidamente com outros elementos como oxigênio e hidrogênio. Quando se oxida completamente, o fósforo se une com quatro átomos de oxigênio para formar a conhecida molécula de fosfato. No entanto, quando não se oxida completamente, um átomo de hidrogênio ocupa o lugar do oxigênio e a molécula resultante se denomina fosfito. É atribuída a essa simples ligação na estrutura molecular a causa de diferenças significativas na solubilidade do material e influência sob a absorção e metabolismo das plantas (LOVATT, 2006).

A ação fungicida ocorre de maneira direta por meio da inibição da germinação e penetração dos esporos na planta, bloqueando o crescimento micelial e a produção de esporos. E indiretamente estimulando os mecanismos envolvidos na resistência sistêmica adquirida dos hospedeiros, como na produção de lignina, fitoalexinas e enzimas hidrolíticas. (FENN; COFFEY, 1989; SONEGO et al, 2003; ANDREU et al, 2006; BRACKMANN et al, 2008).

O manejo de doenças em diversas culturas utiliza os fosfitos, inclusive em espécies arbóreas (FERRAZ et al., 2016). Atuam de modo preventivo e curativo, sendo indicados no controle de *Phytium* sp. e *Phytophthora* sp. e de fungos causadores de podridões do colo, raiz, tronco e frutos (DOLAN; COFFEY, 1988; AFEK; SZTEJNBERG, 1989; FOSTER et al., 1998). Os fosfitos também são utilizados como controle de várias doenças de fruteiras de clima temperado como, míldio (*Plasmopora viticola*) da videira (PERUCH; DELLA BRUNA, 2008) e sarna (*Venturia inequalis*) da macieira (ARAÚJO et al., 2008)

O fosfito circula via translocação sistemática na planta via floema e xilema. A absorção da planta é via floema através da associação do fosfito com fotoassimilados. Os fosfitos são rapidamente absorvidos pelas folhas, embora não seja uma forma metabolizável de fósforo e este permaneça acumulado na planta por até 150 dias (ARAÚJO et al., 2008).

#### 4.5. Revestimentos comestíveis em frutas

Em geral os métodos empregados na conservação de frutas intactas na condição pós-colheita, ou após alguma etapa mínima de processamento, fazem uso de refrigeração, associada ou não a embalagens com atmosfera modificada. As condições mais comuns de armazenamento, e de comprovada eficiência, tem por base procedimentos nos quais a temperatura é reduzida e o produto é mantido em condição de alta umidade até a comercialização final (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003; COSTA; CLEMENTE, 2012).

A aplicação de revestimentos comestíveis em frutas resulta na formação de uma cobertura com preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas, reduzindo, dessa forma a transpiração e trocas gasosas. A produção de etileno, que é o gás associado ao processo de maturação dos frutos, no caso de frutos revestidos, é limitada pela redução da permeação de  $O_2$ , o que permite prolongar a vida de prateleira do fruto. Além de retardar o processo de degradação dos frutos, os revestimentos comestíveis podem atuar também como carreadores de compostos antimicrobianos, antioxidantes, entre outros (ASSIS, et al., 2009; MAIA et al., 2000).

Os revestimentos em frutas podem ser aplicados de duas formas principais: por meio da imersão rápida do fruto em uma solução filmogênica (depois, o alimento é deixado em repouso até que a água evapore e a película se forme sobre a fruta) ou; por meio de aspersão, cujo processo é semelhante, porém a solução é aspergida sobre o alimento (BESINELA JUNIOR et al., 2010).

Como características interessantes ao mercado, os filmes comestíveis não devem interferir na aparência natural da fruta, devem possuir boa aderência a fim de resistir à remoção por fatores do ambiente e não podem promover alterações no gosto ou odor original. Os revestimentos também devem ser resistentes à quebra e abrasão, para proteger a estrutura do alimento, e flexíveis, para que possam se adaptar à possível deformação do alimento sem se romperem. A biodegradabilidade também é considerada uma característica imprescindível aos revestimentos comestíveis (ASSIS et al., 2009; GONTARD; GUILBERT, 1996).

Os compostos mais utilizados na elaboração de filmes comestíveis para revestimento de frutas 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 (monoglicerídeos acetilados, ácido esteárico, ceras e ésteres de ácido graxo) ou a combinação destes compostos, o que permite reunir as características funcionais de cada classe (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

#### 4.6. Ozônio

O Ozônio ( $O_3$ ), é a forma triatômica do oxigênio, descoberta pelo cientista holandês Von Marum em 1785. É um gás instável, com solubilidade em água treze vezes maior que o oxigênio, em temperaturas entre 0 e 30°C, e possui odor pungente (frescor). Sua formação se

dá pela excitação do oxigênio molecular a oxigênio atômico em um ambiente energizado, no qual ocorre a recombinação com outras moléculas de oxigênio (RICE, 1996).

O ozônio é aproximadamente 50% mais denso que o oxigênio, com massa molecular igual a 48, e atingindo condensação a  $-112,4^{\circ}\text{C}$ . O congelamento do ozônio ocorre a  $-251,4^{\circ}\text{C}$ , formando um sólido de cor violeta escuro. Sua decomposição é rápida e em determinados casos tem atuação até 3,125 vezes maior que o cloro na inativação celular de microrganismos (CAJAMARCA, 2015).

É uma substância com alta capacidade desinfetante e sanificante, devido ao seu alto poder oxidativo, e com amplo espectro de ação, atuando sobre bactérias, vírus, fungos filamentosos e leveduras, e sobre formas esporuladas. No âmbito celular, oxida grupos sulfidril e amino, coagula proteínas e inativa as enzimas catalase, peroxidase e desidrogenase causando morte celular rápida. Propriedades como a alta reatividade, baixo tempo de meia-vida, degradação em oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e ausência de resíduos, também contribuem junto ao seu potencial antimicrobiano, e sua elevada aplicabilidade na indústria de alimentos (KIM; YOUSSEF; DAVE, 1999; CULLEN, 2010).

São inúmeras as áreas de aplicação de ozônio a nível industrial. A higiene da superfície de alimentos, saneamento de equipamentos na indústria de alimentos e reutilização das águas residuais, são algumas das aplicações do ozônio (GUZEL-SEYDIM et al., 2004).

Na etapa pós-colheita de produtos hortícolas, o ozônio tem contribuído de forma significativa para a manutenção da qualidade, sendo quimicamente reativo e exercendo atividade antibiótica significativa sobre uma variedade de organismos de deterioração, incluindo fungos e bactérias. O uso de ozônio no pós-colheita possibilita a conservação dos produtos com altos parâmetros de qualidade microbiológica e física, já que o ozônio possui alto potencial de oxidação, sendo efetivo em forma gasosa ou dissolvido na água (HOWARD et al., 1994; DI BERNARDO, 2007).

#### 4.7. Parâmetros para avaliação da qualidade físico-química

Os caracteres físicos dos frutos referentes à aparência externa, tamanho, forma e cor da casca, e as características físico-químicas relacionadas ao sabor, odor, textura e valor nutritivo, constituem atributos de qualidade à comercialização e utilização da polpa na elaboração de produtos industrializados (CHITARRA; CHITARRA, 2005; OLIVEIRA et al., 1999).

As características físicas e físico-químicas dos frutos são influenciadas pelas condições edafoclimáticas, dos tratos culturais, época de colheita, constituição genética, estágio de maturação e tratamento pós-colheita a que são submetidos. A caracterização físico-química dos frutos tem grande importância quando se refere à determinação da variabilidade genética de uma espécie, fornecendo informações com potencial de subsidiar programas de melhoramento genético, bem como sua relação com os fatores ambientais (FAGUNDES; YAMANISHI, 2001; CARVALHO et al., 2003).

Para a determinação das características físico-químicas de goiabas são avaliadas: coloração da casca; firmeza da polpa; perda de massa fresca, determinada pela diferença, em porcentagem, entre a massa inicial e a massa ao final de cada período de armazenamento; teor de sólidos solúveis, teor de acidez titulável (PALHARINI et al, 2016).

#### 4.7.1. Firmeza

Em geral, a firmeza de frutos é medida com utilização de penetrômetro ou aplanador, sendo determinações destrutivas e que não permitem avaliações múltiplas do mesmo fruto ao longo do tempo. A qualidade dos frutos está diretamente relacionada à firmeza (SILVEIRA, 1995; HALL; AUGUSTINE, 1981).

O penetrômetro possui uma ponta de prova que perfura o fruto, registrando a força que foi utilizada para a perfuração, que é proporcional à firmeza do fruto. O aplanador mede a firmeza dependente da pressão de turgescência das células, que é a firmeza perceptível ao consumidor (MORETTI, 2006).

#### 4.7.2. Sólidos Solúveis Totais

Sólidos solúveis totais (SST) são compostos solúveis em água que fornecem a quantidade de substâncias sólidas presentes na polpa das frutas. Os sólidos solúveis totais são responsáveis pelo sabor, sendo compostos por açúcares, com destaque para sacarose, frutose e glicose. O valor obtido através de refratômetro tem como objetivo estimar a quantidade de açúcares presentes nos frutos. Em menor volume esse valor também pode indicar a presença de pectinas, fenólicos, vitaminas, sais, ácidos e aminoácidos e ácidos orgânicos (CHITARRA, 1999; LUCENA, 2006).

Os valores são representados pela escala Brix que é calibrada pelo número de açúcares contidos em 100g de solução. Quando se mede o índice de refração de uma solução de açúcar, a leitura em percentagem de Brix deve combinar com a concentração real de açúcar na solução. As escalas em percentagem de Brix apresentam as concentrações percentuais dos sólidos solúveis contidos em uma amostra (solução com água). A leitura do valor medido é a soma total dos açúcares contidos na amostra (MORAES, 2006).

#### 4.7.3. Acidez Titulável

A acidez titulável representa os grupos ácidos (ácidos orgânicos livres, na forma de sais e compostos fenólicos). Estes ácidos orgânicos são encontrados dissolvidos nos vacúolos, de forma livre ou combinados, como sais, ésteres, glicosídeos ou outros compostos. O conteúdo destes ácidos orgânicos diminui com o avanço do processo de maturação na maioria dos frutos devido à utilização destes no ciclo de Krebs, na conseqüente transformação em açúcares durante o processo respiratório (LUCENA, 2006; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

#### 4.7.4. pH

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro utilizado para determinar a acidez de frutas e alimentos em geral, sendo este o indicador do tipo de tratamento necessário para se conservar alimentos. O aumento do pH está diretamente relacionado com o decréscimo da acidez ocorrida com o avanço da maturação dos frutos. O pH é um importante parâmetro para a avaliação de deterioração presente no alimento, tais como: o crescimento de microrganismos, atividade das enzimas, retenção de sabor e odor dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; LUCENA, 2006).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFEK, U.; SZTEJNBERG, A. Effects of fosetyl-Al and phosphorous acid on scoparone, a phytoalexin associated with resistance of citrus to *Phytophthora citrophthora*. **Phytopathology**, v. 79, n. 7, p. 736-739, 1989.

ANDREU, A.B.; GUEVARA, M.G.; WOLSKI, E.A.; DALEO, G.R.; CALDIZ, D.O. Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. **Pest Management Science**, v.62, n.2, p.162-170, 2006.

ARAÚJO, L.; STADNIK, M. J.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Fosfito de potássio e ulvana no controle da mancha foliar da gala em macieira. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 2, p. 148-152, 2008.

ARAÚJO, M. B. Influência de fosfitos, hidrotermia e película de amido na qualidade pós-colheita de goiabas. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Brasília. 2017.

ASSIS, O.B.G.; BRITO, D.; FORATO, L.A. **O uso de biopolímeros como revestimentos comestíveis protetores para conservação de frutas in natura e minimamente processadas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. São Carlos, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 23 p. 2009.

AZZOLINI, M., JACOMINO, A.P., BRON, I.U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.139- 145. 2004.

BAILEY, J.A.; JEGER, M.J. *Colletotrichum*: biology, pathology and control. Wallingford: CAB Internacional, 388p. 1992

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FRENÁNDEZ-MOLINA, J. J.; ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LÓPEZ-MALO, A.; CHANES, J. W. **Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas**. Roma: FAO, 99 p. (Technical Manual). 2003



BETTIOL, W. GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, p.80-96. 2003

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I.; WEBER, A.; PINTO, J.A.V.; EISERMANN, A.C. Controle de podridões em maçãs “fuji” Frigoconservadas com a aplicação de fosfitos e Cloretos de benzalcônio em pré e pós-colheita. *Uruguaiana*, v.15, n.2, p.35-43, 2008.

BRANDÃO, R.P. Fosfito estimula a autodefesa das plantas contra doenças fúngicas. **Informativo Bio Soja**. ano II, n.03. 2006. Disponível em: <<http://www.biosoja.com.br/informativo.htm>>. Acesso em 17: jan de 2018.

BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE – Agencia Nacional de Vigilancia Sanitária. **Métodos Físico Químicas para análise de alimentos**. Ministério da Saúde, p. 1018, 2005.

CAJAMARCA, S. M. Ozonização como método alternativo na conservação de morango produzido em sistema orgânico. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2015.

CAMILI, E. C.; BENATO, E. A. PASCHOLATI, S. F. CIA, P. Avaliação de irradiação UV-C aplicada em pós-colheita na proteção de uva'Itália'contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 3, p. 306-313, 2004.

CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; OLIVEIRA, W. M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, p.326-328, 2003.

CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBIAZI, R. C. Application of ozone in industry of food. **Alimentos e Nutrição**, v.19, p.341-349, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 320p. 2005.

CHITARRA, A. B. **Armazenamento de frutos e hortaliças por refrigeração**. Lavras. UFLA: FAEPE. 1999. 62 p.

COSTA, J. M. C.; CLEMENTE, E. Refrigeration and cold chain effect on fruit shelf life. In: RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. (Ed.). **Advances in fruit processing**

**technologies**. Boca Taton: CRC Press, p. 287-330. <http://dx.doi.org/10.1201/b12088-13>, 2012.

CULLEN, P. J.; VALDRAMIDIS, V. P.; TIWARI, B. K.; PATIL, S.; BOURKE, P.; O'DONNELL, C. P. Ozone processing for food preservation: an overview on fruit juice treatments. **Ozone Science and Engineering**, <http://dx.doi.org/10.1080/01919511003785361>. v. 32, n. 3, p. 166-179, 2010.

DAL SOGLIO, F.K. Manejo de doenças na perspectiva da transição agroecológica. In: STADINIK, M.J., TALAMINI (Eds.). **Manejo ecológico de doenças de plantas**. CCA/UFSC, p. 1 -16. 2004.

DI BERNARDO, L.; BRANDAO, C.; HELLER, B. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro: ABES, 121p., 2007.

DELIOPOULUS, T.; KETTLEWELL, P.S.; HARE, M.C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **Crop Protection**, v.29, p.1059-1075, DOI: 10.1016/j.cropro.2010.05.011, 2010.

DOLAN, T. E.; COFFEY, M. D. Correlative in vitro and in vivo behavior of mutant strains of *Phytophthora palmivora* expressing different resistances to phosphorous acid and fosetyl-Na. **Phytopathology**, v. 78, n. 7, p. 974-978, 1988.

EMATER-DF. **Relatório de Informações Agropecuárias**[http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55](http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55). Acesso em: 08/07/2017.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHII, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo solo comercializado em 4 estabelecimentos de Brasília DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p.541-545, 2001.

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**, v. 27, n. 2, p. 369-375, 2007.

FENN, M. E.; COFFEY, M.D. Quantification of phosphonate and ethyl phosphate in tobacco and tomato tissues and significance for the mode of action of two phosphonate fungicides. **Phytopathology**, v. 79, n.1, p. 76-82, Jan. 1989.

FERRAZ, D. M. M.; BLUM, L. E. B.; CRUZ, A. F.; BARRETO, M. L. A.; UESUGI, C. H.; PEIXOTO, J.R. Fosfito no controle da antracnose e qualidade pós-colheita de goiaba em cultivo convencional e orgânico. **Revista de Agricultura**, v. 91, p. 249-264, 2016.

FERRAZ, D. M. M.; BLUM, L. E. B.; CRUZ, A. F.; UESUGI, C.H.; PEIXOTO, J.R. Reduction of guava anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) by hot water treatments of fruits from organic or conventional system of production. **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**, v. 3, p. 272-284, 2013.

FOSTER, H.; ADASCAVEG, J. E.; KIM, D. H.; STHANGELLINE, M. E. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to phytophthora root and crown rot in hydroponic culture. **Plant Disease**, v. 82, n. 10, p. 1165- 1171, 1998.

FRANZINI, V. P.; GOMES NETO, J. A.. Método titrimétrico para determinar fosfito em amostras agroindustriais. **Química Nova**, p. 308-311, 2007.

GONTARD, N.; GUILBERT, S. Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. **Boletim SBCTA**, 30. 3-15. 1996.

GONZAGA NETO, L. **Cultura da goiabeira**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, (Circular Técnica, 23) 26 p., 1990.

GUZEL-SEYDIM, Z. B.; GREENE, A. K.; SEYDIM, A. C. Use of ozone in the food industry. **LWT - Food Science and Technology**, v.37, p.453–460. 2004.

HALL, C.B.; AUGUSTINE, J.J. Fruit firmness of tomato cultivars ripened in storage at 20°C for extended periods. **HortScience**, v.16, n.6, p.780-781, Dec. 1981.

HOEHNE, F. C. **Frutas indígenas**. São Paulo: Instituto Botânico, 1946. 88 p.

HOJO, R. H.; CHALFUN, N. N. J.; HOJO, E. T. D.; VEIGA, R. D.; PAGLIS, C. M.; LIMA, L. C. O. Produção e qualidade dos frutos da goiabeira 'Pedro Sato' submetida a diferentes épocas de poda. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 357-362, 2007.

HOWARD, R.J.; GARLAND, J.A.; SEAMAN, W.L Diseases and Pests of Vegetable Crops in Canada: An Illustrated Compendium. **Canadian Phytopathological Society and Entomological Society of Canada**. M.O.M. Printing Ltd., 554p. 1994.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v.26, n. 4. 86 pp. 2013.

BESINELA JUNIOR, E.; MONARIM, M.M.S.; CAMARGO, M.; MAHL, C.E.A.; SIMÕES, M.R.; SILVA, C.F. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya* L) minimamente processado. *Revista Varia Scientia Agrárias*, 1(1):131-142. 2010.

JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M.; PEREIRA, M.; LIMA, M. M.; CHAVES, R. D. C. Doenças da goiabeira no cerrado. **Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2001.

KIM, J.G.; YOUSSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**, v. 62, n.9, p. 1071- 1087, 1999.

KOLLER, O. C. **Cultura da goiabeira**. Porto Alegre: Agropecuária. 44p., 1979.

LOVATT, C.J; MIKKELSEN, R.L. Phosphite fertilizers: What are they?. Can you use them?.What can they do?. Better crops with Plant Food. 2006, disponível< <http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf>>.Acesso em: 17 jan 2017.

LUCENA, E. M. P. de. **Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga “Tommy Atkins” no vale do São Francisco**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, 2012.

MAIA, L.H.; PORTE, A.; SOUZA, V.F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, **18**:105-128. 2000.

MELLO L.M.; LAMAS, S.V., Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, 2012.

MENEZES, M. Aspectos biológicos e taxonômicos de espécies do gênero *Colletotrichum*. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, v.27, p.23-27, ago. 2002. Suplemento.

MENZEL, C.M. Guava: an **exotic fruit** with potential in *Queensland*. **Queensland Agricultural Journal**. v. 3, p. 93-98, 1985.

MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. Proteção de plantas na agricultura sustentável. UFRPE, 2001.

MORAES, R. R. Refratometria. Disponível em:  
<<http://www.fapepi.pi.gov.br/ciencia/documentos/REFRAT%D4METRO.PDF>>. 2009.  
Acesso em 27 Dez 2018.

MORAES, S.R.G. Infecção e colonização de *Colletotrichum gloesporioides* em goiaba e infecção de *Colletotrichum acuatum* em folhas de citros. 2009. 114 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2009.

MORETTI, C. L. Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate. **Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

OLIVEIRA, M.E.B.; BASTOS, M.S.R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M.A.A.C.; SILVA, M.G.G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 19, n. 3, set./dez., p. 326-332, 1999.

PALHARINI, M. C. A.; FISCHER, I. H.; ALVES, A. R. O. F.; FILETI, M. S.; NOGUEIRA JÚNIOR, A. F. Qualidade de goiabas 'Pedro Sato' em função de tratamentos alternativos em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 38, n. 1, p. 129-140, 2016.

PEREIRA, F. M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal: FUNEP, 47 p., 1995.

PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. Melhoramento da goiabeira. **Bruckner CH Melhoramento de Fruteiras Tropicais (ed.)**, Viçosa, MG: UFV, p. 267-289, 2002.

PEREIRA, F. M.; NATCHIGAL, J. C. Melhoramento da goiabeira. In: ROZANE, D.E.; COUTO, F. A. D. (Ed.). **Cultura da goiabeira: tecnologia e Mercado**. Viçosa, MG: UFV, p. 53-78. 2003.

PERUCH, L. A. M.; DELLA BRUNA, Emílio. Relação entre doses de calda bordalesa e de fosfito potássico na intensidade do míldio e na produtividade da videira cv.'Goethe'. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2413-2418, 2008.

PIEIDADE NETO, A. Goiaba-vermelha, fonte de riqueza à saúde, ao trabalho e às nações. In: ROZANE, D.E.; COUTO, F.A.D.C (Ed.). **Cultura da goiabeira: tecnologia e mercado**. Viçosa: UFV, 2003. p.39-51. Disponível em: [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livrogoiaba\\_pdf/7\\_goiabras.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoiaba_pdf/7_goiabras.pdf) Acesso em: 07 nov, 2017.

RICE, R.G. Application of ozone in water and wastewater treatment. **Analytical aspects of ozone: treatment of water and wastewater**. MI: Lewis, 1996. p. 7-26.

RHODES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R.C.; ROTH, G.S. **Senescence in plants**. Florida: CRC Press, cap.8, p.157-205. 1980.

ROZANE, D. E.; OLIVEIRA, D. A.; LIRIO, V. S. Importância econômica da cultura da goiabeira. **Cultura da goiabeira: Tecnologia e mercado. Viçosa: UFV**, p. 1-20, 2003.

RUEHLE, G. D. El cultivo de la guayaba en la Florida. **Agricultura Tropical**, v. 20, n. 10, p. 555-564, 1964.

SALUNKHE, D.K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC, v. 2 il.1984.

SILVEIRA, M.A. Herança do formato e outras características morfológicas de frutos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill), em um cruzamento biparental. Tese – Doutorado em Fitotecnia, 1995. 53p. Lavras: UFLA, 1995.

SONEGO, O. R.; GARRIDO, L.R.; CZERMAINSKI, A.B. Avaliação de Fosfitos no Controle do Míldio da Videira. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 11. Embrapa Uva e Vinho. p.18, 2003.

TACO – Tabela brasileira de composição de alimentos/ NEPA-INICAMP. – Versão II. – 2. ed. – Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 113p., 2006.

TOMITA, C.K.; UESUGI, C.; BLUM, L.E.B.; FERREIRA, M.A.S.V. Pruning time in two production systems in the guava tree bacterial blight control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, p. 1-11, 2016.

USDA – United States Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standart. Release 22, (2018). Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09139?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=psidium+guajava&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing>>. Acesso em: 26 de Dezembro de 2018.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Controle cultural. In: OLIVEIRA, S.M.A. de TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. de H. (eds.) Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p.145-169. 2006.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Doenças da goiabeira. In: FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. (Eds.). Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 227-267. 2003.

VIEIRA, G. S. Otimização do Processo de Desidratação Osmótica de Goiaba e Avaliação do Uso de Pulso de Vácuo e Sais de Cálcio. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 126 p., 2010.

VIEIRA, S. M. J. et al. Características físicas de goiabas (*Psidiumguajava* L.) submetidas a tratamento hidrotérmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2008.

WATLINGTON, F. Goiaba no mundo. **O Agrônomo**. 58 (1/2), p.22-26. 2006

WATSON, L., DALLWITZ, M.J. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. <http://delta-intkey.com> Version: 1<sup>st</sup> June 2007.

WILSON, P.G., O'BRIEN, M.M., HESLEWOOD, M.M. & QUINN, C.J. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a matK phylogeny. **Plant Systematics and Evolution** 251:3-19. 2005

ZAMBOLIM, L., COSTA, H., VENTURA, J. A; VALE, F. X. R. Controle de doenças em pós-colheita de frutas tropicais. In: ZAMBOLIM, L (ed.) **Manejo integrado de pragas e doenças: fruteiras tropicais**. p.443-512. 2002.



## **CAPÍTULO I**

### **EFEITO DOS TRATAMENTOS COM FOSFITOS E OZÔNIO SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA "PEDRO SATO"**

## EFEITO DOS TRATAMENTOS COM FOSFITOS E OZÔNIO SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABA “PEDRO SATO”

### RESUMO

A goiaba é uma das frutas com consumo *in natura* crescente nos últimos anos, sobretudo por sua qualidade nutricional. Como um fruto climatérico, a goiaba tem como características o aumento da taxa respiratória, produção autocatalítica de etileno e alterações sensoriais durante o amadurecimento. A fitossanidade também é um sério entrave para a comercialização, uma vez que doenças comprometem quantidade e qualidade dos frutos. Os métodos alternativos de controle de doenças de pós-colheita têm o potencial de minimizar ou substituir o uso de produtos químicos, o que vem de encontro a um apelo mundial pela preservação do meio ambiente e segurança alimentar. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência dos tratamentos com fosfito e ozônio na qualidade de goiabas. Os frutos foram obtidos de cultivo convencional em Brazlândia, no Distrito Federal, e submetidos inicialmente à etapa de assepsia. Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro composto de diferentes concentrações de fosfito K e fosfito Ca, e o segundo por diferentes tempos de imersão em água ozonizada. No primeiro experimento foram aplicados os tratamentos: Fosfito K 0,75%; Fosfito K 1,5%; Fosfito Ca 1,5%; Fosfito Ca 3,0%. A aplicação foi feita por meio da imersão dos frutos nas soluções com fosfitos durante 20 minutos, em seguida os frutos foram acondicionados em câmara de crescimento com fotoperíodo de 12h por 12h a 25°C, de 3 a 6 dias. As análises de perda de massa fresca (PMF), Firmeza, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e estágio de maturação (EM), foram realizadas no início, ao terceiro e sexto dias de armazenamento. Os resultados indicaram maior firmeza dos frutos tratados com Fosfito Ca 1,5% assim como perda de massa menos acentuada dos tratamentos com Fosfito Ca. Os tratamentos com fosfito K tiveram elevação lenta dos teores de sólidos solúveis totais. No segundo experimento foram avaliados três diferentes períodos de exposição dos frutos a uma mesma concentração de ozônio em água ( $21\text{mg.L}^{-1}$ ), e após a aplicação dos tratamentos os frutos foram acondicionados em câmara de crescimento com fotoperíodo de 12h por 12h a 25°C, de 3 a 6 dias. As análises físico-químicas foram realizadas no tempo de armazenamento zero, terceiro e sexto dias de armazenamento. Os tratamentos com ozônio apresentaram menores perdas de massa e maior firmeza até o terceiro dia de armazenamento. O tratamento com água ozonizada constitui eficiente alternativa na conservação da qualidade pós-colheita ao contribuir para a manutenção de parâmetros físico-químicos dos frutos.

Palavras-chave: fosfito; ozônio; pós-colheita; controle alternativo.

## EFFECT OF TREATMENT WITH PHOSPHITES AND OZONE ON THE QUALITY OF POST-HARVEST "PEDRO SATO" GUAVA

### ABSTRACT

Guava is one of the fruits with increasing in natura consumption in recent years, mainly due to its nutritional quality. As a climacteric fruit, guava has as characteristics the increase of respiratory rate, autocatalytic production of ethylene and sensorial alterations during ripening. Plant health is also a serious impediment to commercialization, since diseases compromise quantity and quality of fruits. Alternative methods of post-harvest disease control have the potential to minimize or replace the use of chemicals, which is in line with a worldwide call for environmental preservation and food safety. This work aims to evaluate the influence of phosphite and ozone treatments on guava quality. The fruits were obtained from conventional cultivation in Brazlândia, Distrito Federal, and submitted to the asepsis stage. Two experiments were carried out, being the first compound of different concentrations of phosphite K and phosphite Ca, and the second one by different times of immersion in ozonized water. In the first experiment the following treatments were applied: Phosphite K 0,75%; Phosphite K 1.5%; Phosphite Ca 1.5%; Phosphite Ca 3.0%. The application was done by immersing the fruits in the phosphite solutions for 20 minutes, then the fruits were packed in a 12 h photoperiod for 12 h at 25 ° C for 3 to 6 days. Fresh mass loss (FML), Firmness, pH, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and maturation stage (MS) were performed at the beginning, on the third and sixth days of storage. The results indicated a higher firmness of the fruits treated with Phosphite Ca 1.5% as well as less marked mass loss of the treatments with Phosphite Ca. The treatments with phosphite K had a slow increase of the contents of total soluble solids. In the second experiment, three different periods of exposure of the fruits to the same ozone concentration in water (21mg.L<sup>-1</sup>) were evaluated, and after application of the treatments, the fruits were conditioned in a 12h photoperiod for 12h at 25 ° C, from 3 to 6 days. The physical-chemical analyzes were performed at zero storage time, third and sixth storage days. The treatments with ozone presented smaller losses of mass and greater firmness until the third day of storage. The treatment with ozonated water constitutes an efficient alternative in the post-harvest quality conservation by contributing to the maintenance of physical-chemical parameters of the fruits.

Key words: phosphite; ozone; post-harvest; alternative control

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de goiabas, ocupando posição de destaque na produção desta fruta, junto à China em primeiro e a Índia em segundo. Esses três países respondem por 42,2% da produção mundial de goiabas. A produção nacional é de 415.000t em uma área de 17,7 mil hectares (IBGE, 2016).

No Distrito Federal a produção aproximada de goiaba é de 8.100,70t, em uma área total de 297,03ha, sendo a segunda dentre as frutíferas em produção e área de cultivo. A região administrativa de Brazlândia é responsável por mais de 99% da produção no Distrito Federal (EMATER-DF, 2016).

Há uma demanda crescente nos últimos anos do consumo *in natura*, sobretudo pela qualidade nutricional da goiaba, que é rica em ácido ascórbico, cálcio, vitamina E, fibra, licopeno, vitaminas A, B6 e B2 (FORATO et al., 2015; LIMA et al., 2002).

A goiaba é um fruto climatérico que tem como características o aumento da taxa respiratória, produção autocatalítica de etileno e alterações sensoriais que ocorrem durante o seu amadurecimento, tais como sabor, cor, produção de compostos voláteis aromáticos e amaciamento. A característica de alta perecibilidade apresentada pelos frutos tem se mostrado como um dos grandes problemas enfrentados para a comercialização *in natura*. (PEREIRA et al., 2006; RIBEIRO et al., 2005).

A fitossanidade da cultura também representa sério entrave para a comercialização, uma vez que as doenças comprometem quantidade e qualidade dos frutos. As principais doenças pós-colheita da goiaba são quiescentes, portanto infectam a fruta antes da colheita e permanecem latentes até a maturação, quando alterações físicas e fisiológicas nos frutos, como aumento de açúcares solúveis e a diminuição de compostos antifúngicos desencadeiam o desenvolvimento de sintomas. As doenças pós-colheita podem ocasionar perdas, estimadas por alguns autores em valores entre 5 e 50%, sendo a principal doença de pós-colheita em goiaba, a antracnose causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (FISCHER et al., 2011; AKLAN; FORTES, 2015; SALUNKHE; DESAY, 1984; ZAMBOLIM et al., 2002; VENTURA; COSTA, 2006; VENTURA; COSTA, 2003).

Um maior apelo pela redução dos índices de poluição ambiental e aos riscos à saúde promovidos pelos agrotóxicos, somado à resistência de patógenos a fungicidas e a retirada de alguns produtos do mercado, tem intensificado a busca por meio da pesquisa da inserção de agentes alternativos para o controle de doenças de pós-colheita. Atualmente não existe

produto registrado para o uso em pós-colheita para a cultura da goiabeira. Os métodos alternativos de controle de doenças de pós-colheita têm o potencial de minimizar ou substituir o uso de produtos químicos, o que vem de encontro com a preocupação mundial em relação ao meio ambiente e a segurança do alimento (CIA et al., 2007; PONZO, 2009; TOMITA et al., 2016).

Uma forma de controle alternativo das doenças de pós-colheita é a utilização de fosfitos. Os fosfitos são sais inorgânicos, que são ânions ( $P_2O_5$ ) produzidos por neutralização do ácido fosforoso ( $H_3PO_3$ ), que realizam o controle de doenças em razão de seu efeito tóxico direto sobre fungos ou pela ativação das rotas de defesa da planta. Em culturas como o citros e maçã, os fosfitos são uma alternativa de controle, sendo utilizados nas mais diversas formulações, com destaque para o uso de fosfito de potássio (CRUZ et al., 2015; DELIOPOULUS et al, 2010; BLUM et al, 2007; CERIONI et al, 2013).

O Ozônio ( $O_3$ ), é a forma triatômica do oxigênio, e sua formação se dá pela excitação do oxigênio molecular a oxigênio atômico em um ambiente energizado, no qual ocorre a recombinação com outras moléculas de oxigênio (RICE, 1996).

Dentre os compostos encontrados na natureza, o gás ozônio se destaca por apresentar o segundo maior potencial de oxidação (2,07 mV). Essa característica torna o ozônio um forte agente antimicrobiano com grande aplicabilidade na indústria de alimentos e um dos mais potentes sanitizantes conhecidos (MUSTAFA, 1990; GUZEL-SEYDIM et al., 2004; CAJAMARCA, 2015).

Diversos grupos de microrganismos já são controlados por meio da aplicação de ozônio, dentre eles os fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Myrothecium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Botrytis* e *Mucor* (RAILA et al., 2006; WU et al., 2006; ZOTTI et al., 2009; ALENCAR et al., 2013).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Micologia - Departamento de Fitopatologia, e Laboratório de Análises de Alimentos – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília.

### 2.1. Obtenção e tratamento prévio dos frutos

Os frutos da cultivar “Pedro Sato” foram obtidos a partir de cultivo convencional da chácara Monte Ararape. A propriedade está situada na região administrativa de Brazlândia, porção noroeste do Distrito Federal, e possui cerca de 2000 plantas que são submetidas a podas a cada 40 dias em grupos de 200 a 300 plantas. As aplicações de defensivos, em particular inseticidas e fungicidas são feitas de forma quinzenal. O período de maior produção da propriedade ocorre entre os meses de janeiro e março.

Após a obtenção dos frutos, estes foram submetidos à etapa de assepsia. A assepsia dos frutos foi composta de três etapas, sendo a primeira a imersão dos frutos em álcool a 10 % durante o período de 1 minuto, em seguida os frutos foram imersos em hipoclorito de sódio a 1% durante 1 minuto, e por último, os frutos foram imersos em água destilada estéril a temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) por 1 minuto.

### 2.2. Aplicação de fosfitos em goiabas na etapa pós-colheita

Para avaliação do efeito dos tratamentos com fosfitos de Ca e fosfito de K sobre parâmetros de qualidade, foi realizado experimento no qual foram aplicadas as doses recomendadas pelos fabricantes dos produtos comerciais utilizados [Fosfito Ca (30%  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 7% Ca / “Phytogard Ca” 3,0 mL/L); [Fosfito K (40%  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 20%  $\text{K}_2\text{O}$  / “Fitofós K plus” 1,5 mL/L)] , e sub doses correspondentes a metade do valor recomendado para cada produto. Desta forma o experimento foi composto dos seguintes tratamentos: (1) Testemunha; (2) Fosfito K 0,75%; (3) Fosfito K 1,5%; (4) Fosfito Ca 1,5%; (5) Fosfito Ca 3,0%.

A aplicação foi feita por meio da imersão dos frutos nas soluções contendo os fosfitos durante 20 minutos. No tratamento utilizado como testemunha foi feita a imersão dos frutos em água destilada e esterilizada a temperatura ambiente por período igual ao dos tratamentos

com fosfitos. Após a secagem dos frutos em temperatura ambiente, estes foram acondicionados em embalagens de politerafato de etileno e colocados em câmara de crescimento com fotoperíodo de 12h por 12h a 25°C.

As análises físico-químicas foram realizadas para avaliação inicial do lote de frutos obtidos, e ao terceiro e ao sexto dia após a aplicação dos tratamentos.

Como delineamento experimental foi adotado o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3, sendo cinco tratamentos e três períodos de armazenamento (0, 3 e 6 dias), com cinco repetições. Inicialmente foi feita análise de variância dos dados e as médias comparadas através do teste de Duncan ( $P \leq 5\%$ ). Para a análise de variância foi utilizado o programa IBM SPSS Statistics v. 23.0.

### 2.3. Tratamento de goiabas com água ozonizada na etapa pós-colheita

O efeito do ozônio sobre os parâmetros de qualidade na etapa pós-colheita de goiabas “Pedro Sato” foi avaliado com a realização de experimento utilizando água ozonizada. O gás ozônio foi produzido por gerador de ozônio (Modelo O&L 5.0 RM) com funcionamento baseado no método de Descarga por Barreira Dielétrica (DBD) – efeito corona (Figura 1A). Este tipo de descarga é produzido ao aplicar uma alta tensão entre dois eletrodos paralelos, tendo entre eles um dielétrico (vidro) e um espaço livre por onde flui o ar seco. No espaço livre uma descarga em forma de filamentos é produzida gerando elétrons com energia suficiente para produzir a quebra das moléculas de oxigênio, formando o gás ozônio ( $O_3$ ).

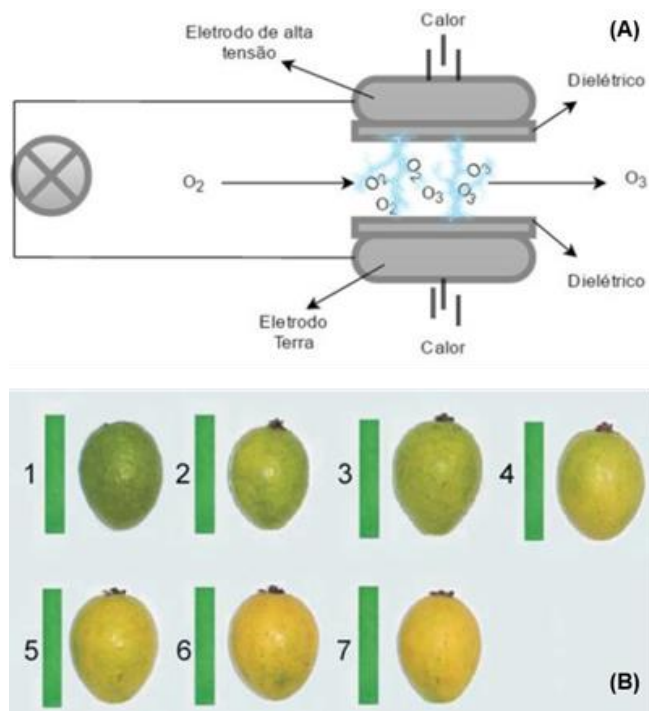


Figura 1. (A) Esquema do princípio de geração do gás ozônio baseada no método DBD – Descarga por Barreira Dielétrica. [Fonte: (FERREIRA, 2017)]. (B) Escala de cores e valores de maturação para a cultivar “Pedro Sato”: 1: verde-escuro; 2: verde; 3: verde-mate; 4: verde-amarelo; 5: 50% amarelo; 6: amarelo com base verde; 7: totalmente amarelo (VIEIRA, 2008).

O experimento foi composto de três diferentes períodos de exposição dos frutos a uma mesma concentração. Os períodos de imersão em água ozonizada foram: 10 minutos, 20 minutos e 30 minutos. O processo de ozonização da água ocorreu por meio do borbulhamento do gás em recipiente de vidro contendo 1,4 L de água destilada e os frutos, durante o período correspondente a cada tratamento, na concentração de  $21 \text{ mg L}^{-1}$ , vazão de  $1,0 \text{ L min}^{-1}$  e temperatura de  $25^\circ\text{C}$ . Os tratamentos avaliados foram os seguintes: (1) Testemunha; (2) 10 minutos de imersão; (3) 20 minutos de imersão; (4) 30 minutos de imersão.

Após a secagem dos frutos em temperatura ambiente, estes foram acondicionados em embalagens de poli (terafolato de etileno) e colocados em câmara de crescimento com fotoperíodo de 12h por 12h a  $25^\circ\text{C}$ .

As análises físico-químicas foram realizadas para avaliação inicial do lote de frutos obtidos, e ao terceiro e ao sexto dia após a aplicação dos tratamentos. Como delineamento experimental foi adotado o inteiramente casualizado em Esquema Fatorial  $4 \times 3$ , sendo quatro tratamentos e três períodos de armazenamento (0, 3 e 6 dias), com cinco repetições. Inicialmente foi feita análise de variância dos dados e as médias comparadas através do teste de Duncan ( $P=5\%$ ). Para a análise de variância foi utilizado o software IBM SPSS Statistics v. 23.0 e para a plotagem dos gráficos foi utilizado o software Origin v.8.



## 2.4. Avaliação da qualidade físico-química dos frutos

### 2.4.1. Perda de Massa Fresca (PMF)

Para a determinação da % PMF os frutos foram pesados imediatamente após a aplicação dos tratamentos, ao terceiro e ao sexto dia após a aplicação. Foi utilizada balança de precisão Even<sup>®</sup> BL-1200AS. A equação utilizada para o cálculo foi:

$$\text{PMF} = [(\text{massa inicial} - \text{massa final}) / \text{massa inicial}] \times 100$$

### 2.4.2 Firmeza

A firmeza foi determinada por meio de penetrômetro manual (Fruit Pressure Tester, FT 327, ponteira 7 mm). Os valores foram obtidos perfurando os frutos uma vez, na região abaixo do pedúnculo. A equação utilizada para o cálculo foi:

$$P = F/A$$

Onde: P= Firmeza da polpa ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ); F= Força de penetração (Kgf) e; A= Área da ponteira (cm).

### 2.4.3. Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de SST (°Brix) foi determinado a partir de amostra do fruto processado, colocada sobre o prisma do refratômetro manual (Biobrix<sup>®</sup> modelo 104-D). Este modelo de refratômetro possui compensação automática de temperatura.

### 2.4.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

As leituras de pH foram feitas por meio de potenciômetro Digimed Mod. DM21, utilizando amostra aproximada de 10 gramas, processada, e homogeneizada em 100mL de água destilada.

#### 2.4.5. Acidez Titulável (AT)

A análise de acidez titulável foi determinada conforme as normas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005). Para tal procedimento foram utilizados 10 gramas de amostra processada e homogeneizada em 100mL de água destilada. A titulação foi efetuada com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N padronizada até o ponto de viragem equivalente a pH 8,2, com o auxílio de potenciômetro Digimed Mod. DM21 nas leituras. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

#### 2.4.6. Maturação

A classificação dos frutos de acordo com o grau de maturação foi feita por meio de valores numéricos da escala de cores para a cultivar “Pedro Sato” (Figura 1B), que varia de 1 a 7. A escala utilizada foi construída em laboratório especificamente para a cultivar “Pedro Sato”, utilizando fotografias e uma fita verde, que por comparação indicava se havia ou não diferenças de iluminação do ambiente (VIEIRA, 2008).

#### 2.4.7. Porcentagem de área danificada do fruto (%AD)

A área danificada do fruto foi avaliada no sexto dia de armazenamento, por meio da divisão em quadrantes da área externa dos frutos e a relação entre área danificada, proveniente de lesões naturais de antracnose, e área sem danos dentro dos quadrantes.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Avaliação preliminar dos lotes de frutos

Em avaliação prévia do lote de frutos, correspondente ao tempo de armazenamento (0), não houve diferença estatística entre os tratamentos testados em cada experimento, uma vez que foram consideradas as mesmas cinco repetições para todos os tratamentos. As médias obtidas para os parâmetros físico-químicos avaliados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Médias iniciais e erro padrão da massa, estágio de maturação, firmeza, sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez titulável (AT) de lotes de goiabas ‘Pedro Sato’ usados nos experimentos com fosfito e com água ozonizada.

Parâmetro	Pré fosfito	Pré ozônio
Massa (g)	160,74 ± 13,30*	140,14 ± 7,11
Estágio de Maturação	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
Firmeza (kg.cm-2)	9,10 ± 1,07	12,04 ± 0,54
SST (°Brix)	8,64 ± 0,49	7,74 ± 0,23
pH	3,64 ± 0,07	3,96 ± 0,02
AT (% ácido cítrico)	0,60 ± 0,01	0,47 ± 0,01

\* Erro padrão

#### 3.2. Aplicação de fosfitos em goiabas na etapa pós-colheita

Na avaliação físico-química realizada ao terceiro dia o tratamento com Fosfito K 1,5% diferiu estatisticamente dos demais quanto à perda de massa fresca (PMF), apresentando menor perda de massa. O tratamento com Fosfito K 1,5% também exerceu efeito positivo sobre o estágio de maturação dos frutos ao terceiro dia de armazenamento, retardando o grau de maturação quando comparado aos tratamentos com fosfitos e à testemunha. No sexto dia todos os tratamentos apresentaram perda de massa superior a da testemunha, e não houve diferença estatística para o parâmetro estágio de maturação (Tabela 2).

Ferraz (2013) observou valores de perda de massa fresca próxima de 30% ao quinto dia de armazenamento de frutos de goiaba da cultivar “Pedro Sato” não inoculados, tratados com fosfitos Ca e fosfito K e armazenados a 23°C. Nos diferentes tratamentos com fosfitos não houve média superior a 20% ao sexto dia de armazenamento para a perda de massa fresca

demonstrando o potencial desses tratamentos em preservar a qualidade pós-colheita em goiaba.

Os tratamentos com Fosfito K 1,5%, Fosfito Ca 1,5% e Fosfito Ca 3,0% apresentaram os maiores valores de firmeza no terceiro dia de armazenamento, não diferindo estatisticamente entre si. O tratamento com Fosfito K 0,75 não apresentou diferença significativa em relação à testemunha, no terceiro dia de armazenamento. Quanto à firmeza dos frutos observada no sexto dia, o tratamento com Fosfito Ca 1,5% foi superior a testemunha e aos demais tratamentos com fosfitos. Os valores de todos os tratamentos apresentaram um decréscimo em relação ao terceiro dia (Tabela 2). Os frutos sofrem rápida perda de firmeza da polpa independentemente do estágio de maturação, com intensa redução em períodos de dois dias. A perda de firmeza durante o amadurecimento pode ser creditada às atividades das enzimas hidrolíticas, como poligalacturose e pectinametilesterase (AZZOLINI et al., 2004; JAIN et al., 2001). O retardo no processo de perda de firmeza no tratamento com Fosfito Ca 1,5% pode ser atribuído a grupos carboxílicos desmetilados por enzimas hidrolíticas associados a cátions divalentes como o cálcio (ORTIZ et al., 2011).

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST) o tratamento com Fosfito K 0,75% alcançou menor valor ao terceiro dia de armazenamento, e diferiu estatisticamente dos tratamentos com Fosfito Ca 1,5% e Fosfito Ca 3,0%, e da testemunha. Os tratamentos com Fosfito K 0,75% e com Fosfito K 1,5% apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis totais em relação aos demais tratamentos, e foram os únicos a apresentar um incremento no teor de sólidos solúveis totais em relação ao terceiro dia de armazenamento (Tabela 2). O aumento observado ao terceiro dia de armazenamento nos tratamentos com Fosfito Ca 1,5%, Fosfito Ca 3,0 e testemunha, seguido de redução, observada nas avaliações realizadas no sexto dia, indicam uma precocidade do processo de senescência dos frutos pertencentes a estes tratamentos em relação aos tratamentos com Fosfito K 0,75% e com Fosfito K 1,5%. Silva et al. (2012) também observaram redução de sólidos solúveis em goiabas “Pedro Sato” a partir do nono dia de armazenamento a temperatura de 21°C.

O tratamento com Fosfito Ca 3,0% apresentou diferença significativa em relação aos demais quanto ao pH dos frutos, com valor superior aos demais fosfitos e testemunha. Ao terceiro dia o pH da testemunha também diferiu dos demais tratamentos obtendo o menor valor. Os valores de pH observados nos diferentes tratamentos ao sexto dia de armazenamento, indicaram um aumento em relação ao terceiro dia de armazenamento. O pH do tratamento com Fosfito K 0,75% diferiu dos demais com valor superior, e o pH do

tratamento com Fosfito Ca 3,0% diferiu dos demais com valor inferior (Tabela 2). Medina et al (1988) encontraram valores de pH com variação ente 3,85 e 4,00. Lima et al. (2001) em trabalho de caracterização de goiabas no sub-médio São Francisco obtiveram pH na faixa de 3,72 a 4,22.

Manica et al. (1998) recomendam a adição de ácidos orgânicos comestíveis ao processamento de frutos com valores de pH superiores a 3,50. Marteleto (1980) sugere a possibilidade de deterioração para valores elevados de pH estabelecendo como limite adequado o valor de 4,20 para a melhor conservação dos produtos. Os valores de pH observados ao longo dos 6 dias de armazenamento nos diferentes tratamentos avaliados, apresentaram variação compreendida no sugerido pelos autores como ideal para a manutenção da qualidade dos frutos.

O tratamento com Fosfito K 1,5% apresentou o maior valor para acidez titulável (AT) ao terceiro dia, diferindo dos demais tratamentos com fosfitos e da testemunha. O tratamento com Fosfito Ca 1,5% apresentou o menor valor, e também diferiu estatisticamente dos demais tratamentos quanto à acidez titulável (AT). A testemunha e o tratamento com Fosfito K 1,5% apresentaram os maiores valores para acidez titulável, no sexto dia de armazenamento. O menor valor para AT foi observado no tratamento com Fosfito Ca 1,5% (Tabela 2). A redução do teor de sólidos solúveis, assim como da acidez titulável no sexto dia está relacionada ao consumo de reservas (açúcares e ácidos) no processo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O tratamento com Fosfito Ca 1,5% exerceu efeito positivo sobre a redução de área danificada dos frutos, por lesões naturais de antracnose. Os tratamentos com Fosfito K 0,75% e Fosfito K 1,5% não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha (Tabela 2).

Tabela 2. Perda de Massa Fresca (PMF), Estágio de Maturação (EM), Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ ), Sólidos Solúveis Totais (SST), pH, Acidez Titulável (AT) e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiabas cv. Pedro Sato, submetidas à imersão por 20 minutos em solução com diferentes concentrações de Fosfito K e Fosfito Ca, e armazenadas a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p < 0,05$ )].

Tratamento	PMF (%)		EM (1-7)		Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ )		SST		pH		AT (% ácido cítrico)		AD (%)
	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	6º dia
Testemunha	10,71a	14,24b	5,60ab	6,40a	6,80b	4,22b	10,24a	9,40b	3,84c	4,12ab	0,63b	0,62a	34,91ab
Fosfito K 0,75%	9,66ab	16,55ab	6,00a	6,40a	6,94b	3,50c	9,68b	10,00a	3,97b	4,15a	0,63b	0,60ab	18,52ab
Fosfito K 1,5%	7,94c	18,72 <sup>a</sup>	3,60b	7,00a	9,84a	3,38c	9,92ab	10,04a	3,95b	4,14ab	0,69a	0,64a	20,91ab
Fosfito Ca 1,5%	9,02bc	15,34b	5,80ab	6,40a	9,80a	4,92a	10,20a	9,22b	3,97b	4,09b	0,58c	0,55b	10,20b
Fosfito Ca 3,0%	8,89bc	16,41ab	4,00ab	6,60a	10,40a	2,96c	10,28a	9,00b	4,05a	4,04c	0,62b	0,60ab	46,73a

### 3.3. Tratamento de goiabas com água ozonizada na etapa pós-colheita

Os tratamentos com água ozonizada dos frutos durante 10 e 20 minutos de imersão apresentaram menor perda de massa fresca (PMF) no terceiro dia de armazenamento. A perda de massa fresca (PMF) do tratamento com água ozonizada durante 30 minutos de imersão, no terceiro dia não diferiu estatisticamente da testemunha. Nas análises físico-químicas realizadas no sexto dia de armazenamento o tratamento de 20 minutos de imersão foi o único a não diferir estatisticamente da testemunha em relação à perda de massa fresca (PMF), todos os demais tratamentos apresentaram perdas superiores à perda observada na testemunha (Tabela 3). Autores relatam diferentes respostas de frutos ao ozônio sugerindo um potencial de alteração da cutícula /ou tecidos epidérmicos, o que pode favorecer ou dificultar a perda de massa. Níveis mais altos de ozônio ou exposição prolongada são indicados como possíveis causas de danos à cutícula, o que pode ocorrer com intensidade variável de acordo com a espécie ou estágio de desenvolvimento dos frutos (CONTIGIANI et al. 2018; SILVA NETO, 2019)

O estágio de maturação dos diferentes tratamentos com água ozonizada e testemunha não apresentaram diferença significativa ao longo dos seis dias de armazenamento. Indicado ausência de efeito dos tratamentos com água ozonizada sobre o avanço da maturação e alterações de coloração dos frutos (Tabela 3).

O tratamento com tempo de imersão de 20 minutos em água ozonizada obteve maior média de firmeza dos frutos no terceiro dia de armazenamento diferindo da testemunha. De modo geral o tratamento dos frutos com ozônio em água foi inferior à testemunha quanto à firmeza observada no sexto dia de armazenamento (Tabela 3). Vieira (2016) também observou comportamento semelhante em bananas ao relatar diminuição acentuada da firmeza dos frutos submetidos à ozonização a partir do 9º dia de armazenamento, em contraste a diminuição da firmeza em frutos não ozonizados, observada somente a partir do 15º dia.

O tratamento correspondente a 30 minutos de imersão dos frutos em água ozonizada foi o único a diferir estatisticamente quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST) ao terceiro dia de armazenamento com valor inferior a testemunha e aos demais tratamentos, sendo o único a apresentar elevação no sexto dia de armazenamento (Tabela 3). O comportamento observado para o tratamento com 30 minutos de imersão pode indicar um retardo no consumo das reservas quando observado os valores obtidos ao sexto dia, em que os demais tratamentos apresentam decréscimo do teor de sólidos solúveis totais. Houve pouca variação entre os

diferentes tempos de exposição ao ozônio tanto no terceiro quanto no sexto dia de armazenamento. Oshiro et al. (2011) observou teores de 9,54°Brix para goiabas da cultivar “Pedro Sato” embaladas e armazenadas em condição de refrigeração, associando um maior retardo do processo de maturação a esta condição de armazenamento. Os resultados observados nos tratamentos com água ozonizada se aproximam, portanto aos resultados em condição de refrigeração indicando seu potencial em retardar processos químicos relacionados à maturação e o baixo custo quando considerado o dispêndio de energia empregado neste tipo de armazenamento.

Os valores de pH obtidos ao terceiro dia não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos testados e testemunha. No sexto dia de armazenamento o pH observado foi estatisticamente igual entre os tratamentos com 10 minutos e 20 minutos de imersão, e entre a testemunha e o tratamento com 30 minutos de imersão (Tabela 3). Em trabalho de caracterização de goiabas na região do sub médio do São Francisco Lima et al. (2002) obtiveram pH na faixa de 3,72 a 4,22. Pereira et al. (2008) em estudo de caracterização física e química de goiabas registra oscilação de pH entre 3,23 e 4,79 em período de 29 dias de armazenamento. As médias obtidas para os diferentes tratamentos com ozônio que variam entre 3,92 e 4,03, estão compreendidas nos intervalos propostos em estudos de caracterização de frutos de goiaba.

A acidez titulável (AT) observada nos frutos imersos durante 20 minutos em água ozonizada foi maior que a dos tratamentos com imersão durante 10 e 30 minutos. Os tratamentos de 10 minutos e 30 minutos de imersão não apresentaram diferença em relação à testemunha. Com seis dias de armazenamento a acidez titulável (AT) foi estatisticamente igual entre a testemunha e os 10 minutos de imersão em água ozonizada e entre os tratamentos de 20 minutos de imersão e 30 minutos de imersão (Tabela 3). Teores médios de acidez com valores entre 0,2 e 0,9g de ácido cítrico por 100 gramas para a cultivar “Pedro Sato”, estão relacionados a sabor de moderada a boa aceitação para o consumo *in natura* de acordo com Hojo et al. (2007), o que aponta para a capacidade de conservação de propriedades organolépticas de frutos de goiaba “Pedro Sato” pelos tratamentos com água ozonizada.

Não houve diferença estatística para a área danificada por lesões naturais de antracnose, nos diferentes tratamentos avaliados (Tabela 3).



Tabela 3. Médias de Perda de Massa Fresca (PMF); Estágio de Maturação (EM); Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ ); Sólidos Solúveis Totais (SST); pH; Acidez Titulável (AT); e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiabas cv. Pedro Sato, submetidas a diferentes períodos de imersão (10 minutos; 20 minutos; 30 minutos) em água ozonizada, e armazenadas a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p < 0,05$ )].

Tratamento	PMF (%)		EM (1-7)		Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ )		SST		pH		AT (% ácido cítrico)		AD (%)
	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	6º dia
Testemunha	7,75a	12,35b	4,60a	6,80a	5,56c	7,08a	11,06a	10,16b	3,94a	3,92b	0,64b	0,70a	8,47a
10 minutos de imersão	5,87b	16,13a	4,00a	6,20a	6,92ab	4,90c	10,92a	9,72b	3,95a	4,03a	0,65b	0,72a	9,30a
20 minutos de imersão	6,12b	12,61b	4,00a	6,80a	7,30a	6,30b	10,94a	9,98b	3,95a	4,02a	0,73a	0,68b	5,74a
30 minutos de imersão	7,37a	14,60a	3,80a	6,40a	6,14bc	6,70ab	9,94b	10,96a	3,90a	3,95b	0,67b	0,66b	5,74a

#### **4. CONCLUSÃO**

O tratamento com Fosfito Ca 1,5% exerce efeito positivo importante sobre a firmeza dos frutos e sobre a redução de área danificada por lesões naturais de antracnose.

Os tratamentos com Fosfito K 0,75% e Fosfito K 1,5% demonstraram potencial de retardar a maturação, tornando mais lenta, gradual e menos acentuada a alteração das propriedades físico-químicas: acidez titulável, pH e teor de sólidos solúveis totais.

O tratamento com imersão durante 20 minutos em água ozonizada preserva firmeza e reduz a perda de massa até três dias de armazenamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L.R.D.; PINTO, M.S.; COSTA, A.R. Postharvest quality of ozonized nanicao cv. Bananas. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p. 107-114, 2013.

AKLAN N.; FORTES, A. M. Insights into molecular and metabolic events associated with fruit response to post-harvest fungal pathogens. **Frontiers in Plant Science**, Switzerland, v.6, n.1, p.1-14, 2015.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.; BRON, I. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 139-145, 2004.

BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Métodos Físico Químicos para análise de alimentos. Ministério da Saúde, p. 1018, 2005.

BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T. do; DEZANET, A.; LIMA, E.B. de; HACK NETO, H.; ÁVILA, R.D.; SIEGA, V. Fosfitos aplicados em pós-colheita reduzem o mofo-azul em maçãs 'Fuji' e 'Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.265-268, 2007.

CAJAMARCA, S. M. Ozonização como método alternativo na conservação de morango produzido em sistema orgânico. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2015.

CERIONI, L.; RAPISARDA, V.A.; DOCTOR, J.; FIKKERT, S.; RUIZ, T.; FASSEL, R.; SMILANICK, J.L. Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay. **Plant Disease**, v.97, p.201-212, 2013.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p. (2)

CIA, P.; BENATO, E.A.; PASCHOLATI, S.F; GARCIA, E.O. Altas concentrações de CO<sub>2</sub> no controle da podridão mole em caqui rama forte. **Summa Phytopatologica**, v. 34, p. 79-80, 2008.

CONTIGIANI, E. V.; JARAMILLO-SÁNCHEZ, G.; CASTRO, M. A.; GÓMEZ, P. L.; ALZAMORA, S. M. Postharvest Quality of Strawberry Fruit (*Fragaria x Ananassa* Duch cv. Albion) as Affected by Ozone Washing: Fungal Spoilage, Mechanical Properties, and Structure. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 9, p. 1639-1650, 2018.

CRUZ, A.F.; MEDEIROS, N.L.; BENEDET, G.L.; ARAUJO, M.B.; UESUGI, C.H.; FERREIRA, M.A.S.V.; PEIXOTO, J.R.; BLUM, L.E.B. Control of post-harvest anthracnose infection in guava (*Psidium guajava*) fruits with phosphites, calcium chloride, acetylsalicylic acid, hot water, and 1-MCP. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v.56, p.330-340, 2015.

DELIOPOULUS, T.; KETTLEWELL, P.S.; HARE, M.C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **Crop Protection**, v.29, p.1059-1075, DOI: 10.1016/j.cropro.2010.05.011, 2010.

EMATER-DF. **Relatório de Informações Agropecuárias**[http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55](http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55). Acesso em: 08/07/2017.

FERRAZ, D. M. M.; BLUM, L. E. B.; CRUZ, A. F.; UESUGI, C.H.; PEIXOTO, J.R. Reduction of guava anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) by hot water treatments of fruits from organic or conventional system of production. **International Journal of Postharvest Technology and Innovation**, v. 3, p. 272-284, 2013.

FERREIRA, W. F. S. **Eficácia da água ozonizada no controle de microrganismos em morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) e efeito na qualidade físico-química durante o armazenamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2017.

FISCHER, I. H.; ALMEIDA, A. M.; ARRUDA, M. C.; BERTANI, M. A. R.; GARCIA, M. J. M.; AMORIM, L. Danos em pós-colheita de goiabas na Região do Centro-Oeste Paulista. **Bragantia**, v.70, n.3, p.570-576, 2011.

FORATO, L. A.; BRITTO, D.; RIZZO, J. S.; GASTALDI, T. A.; ASSIS, O. B. G. Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coating in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 5, p. 68-74, 2015.

GUZEL-SEYDIM, Z. B.; GREENE, A. K., & SEYDIM, A. C. Use of ozone in the food industry. **LWT - Food Science and Technology**, v.37, p.453–460. 2004.

HOJO, R. H.; CHALFUN, N. N. J.; HOJO, E. T. D.; VEIGA, R. D.; PAGLIS, C. M.; LIMA, L. C. O. Produção e qualidade dos frutos da goiabeira 'Pedro Sato' submetida a diferentes épocas de poda. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 357-362, 2007.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Culturas Temporárias e Permanentes. v.43, p.1-62, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam\\_2016\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2016_v43_br.pdf)>. Acesso: 03 de Janeiro de 2019.

JAIN, N.; DHAWAN, K.; MALHOTRA, S.P.; SIDDIQUI, S.; SINGH, R. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava* L.) fruits during ripening. **Acta Physiologia e Plantarum**, v.23, p.357-362, 2001.

LIMA, M. A. C.; ASSIS, J. S.; NETO, L. G. Caracterização dos frutos de goiabeiras e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 273-276, 2002.

MANICA, I., KIST H., MICHELETTO E. L.; KRAUSE, C. A. Competição entre quarto cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 33:1305-1313. 1998

MARTELETO, L.O. Estudo da produção e dos atributos físicos e químicos de dez variedades de goiaba (*Psidium guajava* L.), em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando o consumo ao natural e à industrialização. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 67p. 1980

MEDINA, J.C. Goiaba: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. Campinas: ITAL, p.1-21. (Série Frutas Tropicais 6). 1988.

MUSTAFA, M.G. Biochemical basis of ozone toxicity. **Free Radical Biology and Medicine**, v.9, p.245–265, 1990.

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. **Agrarian**, v. 4, n. 14, p. 294-302, 2011.

ORTIZ, A.; GRAELL, J.; LARA, I. Cell wall modifying enzymes and firmness loss in ripening ‘Golden Reinders’ apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. **Food Chemistry**, v.128, p.1072-1079, 2011.

PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S.; BISPO, A. S. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, S. B.; SANTOS, V. J. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência e agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.

PEREIRA, T., CARLOS, L. A., OLIVEIRA, J. G., MONTEIRO, A.R. Características físicas e químicas de goiaba cv. cortibel (*Psidium guajava*) estocadas sob refrigeração em filmes X-tend. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2008.

PONZO, F.S. Agentes alternativos no controle pós-colheita da antracnose em goiabas ‘Kumagai’. 77f. (Dissertação de Mestrado) – Instituto Agronômico, de Campinas, Brasil. 2009.

RAILA, A.; LUGAUSKAS, A.; STEPONAVIČIUS, D.; RAILIENĖ, M.; STEPONAVIČIENĖ, A.; ZVICEVIČIUS, E. Application of ozone for reduction of

mycological infection in wheat grain. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v.13, n.2, p.287-294, 2006.

RIBEIRO, V. G.; ASSIS, J. S.; SILVA, F. F.; SIQUEIRA, P. P. X. VILARONGA, C. P. P. Armazenamento de goiabas 'Paluma' sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 203-206, 2005.

RICE, R.G. Application of ozone in water and wastewater treatment. **Analytical aspects of ozone: treatment of water and wastewater**. MI: Lewis,1996. p. 7-26.

SALUNKHE, D.K.; DESAI, B. B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton: CRC, 1984. 2 v. il.

SILVA, F.P.; SALOMÃO, L.C.C.; ZAMBOLIM, L.; ROCHA, A. Use of biofilm in the postharvest conservation of 'Pedro Sato' guava. **Revista Ceres**. v.59, n.3, p.305-312, 2012.

SILVA NETO, O.P. Ozônio na conservação pós-colheita de mamão. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical). Universidade Federal do Amazonas. 52p., 2019.

TOMITA, C.K.; UESUGI, C. H.; BLUM, L.E.B.; FERREIRA, M.A.S.V. Pruning time in two production systems in the guava tree bacterial blight control. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, p. 1-11, 2016.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Controle cultural. In: OLIVEIRA, S.M.A. de TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. de H. (eds.) **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2006. p.145-169.

VENTURA, J. A.; COSTA, H. Doenças da goiabeira. In: FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. (Eds.). **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2003. p. 227-267.

VIEIRA, S. M. J.; COUTO, S. M.; CORRÊA, P. C.; SANTOS, A. E.; CECOM, P. R.; SILVA, D. J. Características físicas de goiabas (*Psidium guajava* L.) submetidas a tratamento hidrotérmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2008

VIEIRA, L. S. **Ação do ozônio no amadurecimento de banana (musa spp. aab)‘prata anã’**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 2016.

WU, J.; DOAN, H.; CUENCA, M.A. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 81, n. 7, p. 1288-1293, 2006.

ZAMBOLIM, L., COSTA, H., VENTURA, J. A; VALE, F. X. R. Controle de doenças em pós-colheita de frutas tropicais. In: ZAMBOLIM, L (ed.) **Manejo integrado de pragas e doenças: fruteiras tropicais**. p.443-512. 2002.

ZOTTI, M.; PORRO, R.; VIZZINI, A.; MARIOTTI, M.G. Inactivation of *Aspergillus* spp. by ozone treatment. **Ozone-Science & Engineering**, v. 30, n. 6; p. 423-430, 2008.



## **CAPÍTULO II**

### **O USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL COMBINADO A TRATAMENTOS COM FOSFITOS E OZÔNIO NO PÓS-COLHEITA DE GOIABA “PEDRO SATO”**

## USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL COMBINADO A TRATAMENTOS COM FOSFITOS E OZÔNIO NO PÓS-COLHEITA DE GOIABA “PEDRO SATO”

### RESUMO

A goiabeira é uma das principais fruteiras tropicais produzidas no Brasil, com cultivos comerciais presentes em quase todas as regiões. A comercialização da goiaba, crescente nos últimos anos, e impulsionada, sobretudo pelo consumo *in natura*, é limitada pela qualidade dos frutos, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias para aumentar a vida útil dos frutos na etapa pós-colheita. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da combinação de diferentes concentrações de fosfitos e diferentes tempos de imersão em água ozonizada, com o revestimento de amido na qualidade pós-colheita de goiabas. Foram realizados dois experimentos, o primeiro composto de diferentes concentrações de fosfito K e fosfito Ca, e o segundo por diferentes tempos de imersão em água ozonizada, ambos combinados à aplicação de revestimento de amido (2%). Os frutos foram obtidos de cultivo convencional localizado em Brazlândia, Distrito Federal, e submetidos inicialmente à etapa de assepsia. No experimento com fosfitos os tratamentos avaliados foram: Apenas revestimento de amido; Fosfito K 0,75% e revestimento de amido; Fosfito K 1,5% e revestimento de amido; Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido; Fosfito Ca 3,0% e revestimento de amido. Os fosfitos foram aplicados por meio da imersão dos frutos nas soluções correspondentes a cada tratamento durante 20 minutos. No segundo experimento os frutos foram submetidos a três tempos de imersão em água ozonizada (21mg.L<sup>-1</sup>). Os tratamentos avaliados foram: Frutos apenas com revestimento de amido (2%); 10 min, 20 min e 30 min de imersão, com a aplicação de revestimento (2%). Os frutos foram imersos durante 1 minuto, e em seguida acondicionados em câmara de crescimento com fotoperíodo de 12h por 12h a 25°C, de 3 a 6 dias. As análises físico-químicas de perda de massa (PMF), Firmeza, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e estágio de maturação (EM) foram realizadas no início, e ao terceiro e sexto dias. Houve efeito positivo das combinações de fosfito com o revestimento na qualidade dos frutos com perda de massa menor e maior firmeza em seis dias de armazenamento. Os tratamentos com água ozonizada e revestimento de amido apresentaram as menores perdas de massa em seis dias.

Palavras-chave: Revestimentos comestíveis; ozônio; fosfitos; controle alternativo

## USE OF EDIBLE COATING COMBINED TO TREATMENTS WITH PHOSPHITES AND OZONE IN THE POST-HARVEST OF “PEDRO SATO” GUAVA

### ABSTRACT

Guava is one of the main tropical fruits produced in Brazil, with commercial crops present in almost all regions. The commercialization of guava, which has increased in recent years, is driven mainly by *in natura* consumption, is limited by the quality of the fruits, and it is necessary to develop technologies to increase the useful life of the fruits in the post-harvest stage. The objective of this work was to evaluate the effect of the combination of different concentrations of phosphites and different immersion times in ozonated water, with the starch coating in the post-harvest quality of guavas. The fruits were obtained from conventional cultivation located in Brazlândia, Distrito Federal, and submitted to the asepsis stage. In the experiment with phosphites the treatments evaluated were: Starch coating only; Phosphite K 0.75% and starch coating; Phosphite K 1.5% and starch coating; Phosphite Ca 1.5% and starch coating; Phosphite Ca 3.0% and starch coating. The phosphites were applied by immersing the fruits in the solutions corresponding to each treatment for 20 minutes. In the second experiment the fruits were submitted to three times of immersion in ozonated water ( $21\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). The evaluated treatments were: Fruit only with starch coating (2%); 10 min, 20 min and 30 min of immersion, with coating application (2%). The fruits were immersed for 1 minute, then packed in a growth chamber with photoperiod of 12h for 12h at  $25^\circ\text{C}$ , for 3 to 6 days. Fresh mass loss (FML), Firmness, pH, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and maturation stage (MS) were performed at the beginning, on the third and sixth days of storage. There was a positive effect of phosphite combinations with the coating on fruit quality with lower mass loss and greater firmness in six days of storage. Treatments with ozonated water and starch coating showed the lowest mass loss in six days.

Key words: Edible coatings; ozone; phosphites; alternative control

## 1. INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) está entre as principais fruteiras tropicais produzidas no Brasil, e tem cultivos de escala comercial em quase todas as regiões, com destaque para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, na região Sudeste; Bahia, Pernambuco e Paraíba, no Nordeste; Goiás, na região Centro-Oeste e Rio Grande do Sul e Paraná, na região sul do país (PEREIRA, 1995).

A produção nacional no ano de 2016 alcançou o volume de 415.000t em uma área de cultivo de 17,7 mil hectares. O Distrito Federal foi responsável, no mesmo ano, por 8.100,70t (IBGE, 2016; EMATER, 2016).

A comercialização da goiaba, crescente nos últimos anos, e impulsionada, sobretudo pelo consumo *in natura*, é limitada pela qualidade dos frutos, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias para aumentar a vida útil dos frutos na etapa pós-colheita. A goiaba apresenta alta perecibilidade devido seu alto metabolismo durante o amadurecimento. Manejos inadequados na colheita e na pós-colheita podem acelerar os processos de senescência afetando sensivelmente a qualidade e limitando ainda mais o período de comercialização (MANICA et al., 2000).

Os revestimentos ou coberturas comestíveis vêm se destacando nos últimos anos pela simplicidade e eficiência na preservação das características sensoriais e nutricionais, favorecendo a manutenção do valor comercial do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2007; REINOSO et al., 2008).

O uso de revestimentos comestíveis tem o potencial de inibir ou diminuir a migração da umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas e lipídeos, para o ambiente, diminuindo a taxa de respiração e alterações de textura, melhorando a integridade mecânica e a aparência dos frutos e promovendo proteção física contra injúrias. Há situações onde os revestimentos ainda podem servir como veículo para aditivos alimentícios, como antioxidantes e antimicrobianos, melhorando assim as características intrínsecas e a integridade mecânica dos vegetais recobertos (CHIEN et al., 2007; FALGUERA et al., 2011; JACOMETTI et al., 2003).

São diversas as matérias-primas utilizadas na produção de coberturas comestíveis, com destaque para os polissacarídeos tais como o amido, celulose e os seus derivados de goma, pectina, quitosana, alginato, carragena, pululano e gelano. Os polissacarídeos formam

películas com características mecânicas adequadas, com certa permeabilidade ao vapor de água e difícil permeação de gases (SAUCEDO-POMPA et al., 2009).

Os fosfitos são sais inorgânicos, que são ânions ( $P_2O_5$ ) produzidos por neutralização do ácido fosforoso ( $H_3PO_3^-$ ), e realizam o controle de doenças em razão de seu efeito tóxico direto sobre fungos ou pela ativação das rotas de defesa da planta, se colocando atualmente como importante alternativa de controle de doenças, uma vez que ainda não existe produto registrado para o uso em pós-colheita para a cultura da goiabeira (CIA et al., 2007; DELIOPOULUS et al, 2010).

O uso do gás ozônio ( $O_3$ ), forma triatômica do oxigênio, se destaca por apresentar o segundo maior potencial de oxidação (2,07 mV). Essa característica torna o ozônio um forte agente antimicrobiano com grande aplicabilidade na indústria de alimentos e um dos mais potentes sanitizantes conhecidos (MUSTAFA, 1990; GUZEL-SEYDIM et al., 2004; CAJAMARCA, 2015).

Apresentado o contexto atual de comercialização da goiaba, este estudo busca avaliar o potencial da combinação de formas alternativas de tratamento pós-colheita, tanto com a função de controle de doenças, quanto na função de prolongar a vida de prateleira de frutos com alta perecibilidade como a goiaba.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Micologia - Departamento de Fitopatologia, e Laboratório de Análises de Alimentos – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília. Foram realizados dois experimentos, um primeiro avaliando o comportamento dos frutos submetidos à aplicação de fosfitos e revestidos com amido, e um segundo experimento avaliando o comportamento dos frutos submetidos a tratamento com água ozonizada e revestidos com amido.

### 2.1. Origem e tratamento prévio dos frutos

Os frutos da cultivar “Pedro Sato” foram obtidos a partir de cultivo convencional da chácara Monte Ararape (1/105 – Rodeador). A propriedade está situada na região administrativa de Brazlândia, porção noroeste do Distrito Federal. A propriedade possui cerca de 2000 plantas da cultivar “Pedro Sato” que são submetidas a podas a cada 40 dias em grupos de 200 a 300 plantas. As aplicações de inseticidas e fungicidas são feitas de forma quinzenal. O período de maior produção da propriedade ocorre entre os meses de janeiro e março.

Após a obtenção dos frutos, estes foram submetidos à etapa de assepsia. A assepsia dos frutos foi composta de três etapas, sendo a primeira a imersão dos frutos em álcool a 10 % durante o período de 1 minuto, em seguida os frutos foram imersos em hipoclorito de sódio a 1% durante 1 minuto, e por último, os frutos foram imersos em água destilada estéril a temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ) por 1 minuto.

### 2.2. Aplicação dos fosfitos

Foram aplicadas as doses recomendadas pelos fabricantes dos produtos comerciais utilizados [Fosfito Ca (30%  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 7% Ca / “Phytogard Ca” 3,0 mL/L); Fosfito K (40%  $\text{P}_2\text{O}_5$  + 20%  $\text{K}_2\text{O}$  / “Fitofós K plus” 1,5 mL/L)] , e sub doses correspondentes a metade do valor recomendado para cada produto. Desta forma o experimento foi composto dos seguintes tratamentos: (1) Testemunha; (2) Frutos apenas com revestimento de amido; (3) Fosfito K

0,75% e revestimento de amido; (4) Fosfito K 1,5% e revestimento de amido; (5) Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido; (6) Fosfito Ca 3,0% e revestimento de amido.

A aplicação dos fosfitos foi feita por meio da imersão dos frutos nas soluções correspondentes a cada tratamento durante 20 minutos. No tratamento utilizado como testemunha foi feita apenas a assepsia dos frutos. Foi avaliado um tratamento com frutos que receberam apenas o revestimento de amido após a assepsia.

### 2.3. Tratamentos com água ozonizada

O gás ozônio foi produzido por gerador de ozônio (Modelo O&L 5.0 RM) com funcionamento baseado no método de Descarga por Barreira Dielétrica (DBD) – efeito corona. Este tipo de descarga é produzido ao aplicar uma alta tensão entre dois eletrodos paralelos, tendo entre eles um dielétrico (vidro) e um espaço livre por onde flui o ar seco. No espaço livre uma descarga em forma de filamentos é produzida gerando elétrons com energia suficiente para produzir a quebra das moléculas de oxigênio, formando o gás ozônio (O<sub>3</sub>).

Os tratamentos que compuseram o experimento correspondem a três diferentes períodos de exposição dos frutos a uma mesma concentração. Os períodos de exposição foram: 10 minutos, 20 minutos e 30 minutos. O processo de ozonização da água ocorreu por meio do borbulhamento do gás em recipiente de vidro contendo 1,4 L de água destilada e os frutos, durante o período correspondente a cada tratamento, na concentração de 21 mg L<sup>-1</sup>, vazão de 1,0 L min<sup>-1</sup> e temperatura de 25°C. No tratamento utilizado como testemunha foi feita apenas a assepsia dos frutos. Foi avaliado um tratamento com frutos que receberam apenas o revestimento de amido após a assepsia. Os tratamentos avaliados neste experimento foram: (1) Testemunha; (2) Frutos apenas com revestimento de amido; (3) 10 minutos de imersão e revestimento de amido; (4) 20 minutos de imersão e revestimento de amido; (5) 30 minutos de imersão e revestimento de amido.

### 2.4. Preparo e aplicação de revestimento de amido

O revestimento comestível obtido através do amido é baseado na geleificação do material que ocorre acima de 70°C. Portanto, foi preparada em béquer de vidro uma suspensão de amido na concentração de 2%, que foi agitada e aquecida de forma lenta até a

temperatura de 70°C, em placa aquecedora com agitação magnética contínua. O gel obtido permaneceu durante cinco minutos na temperatura de 70°C, e posteriormente, resfriado até atingir a temperatura ambiente.

Atingindo o resfriamento da suspensão de amido à temperatura ambiente, foi feita aplicação do revestimento por meio da imersão dos frutos durante um período de um minuto na suspensão, que em seguida foram expostos à secagem natural. Após a secagem dos frutos em temperatura ambiente, estes foram acondicionados em embalagens de politerafato de etileno e colocados em câmara de crescimento com fotoperíodo de 12h por 12h a 25°C.

## 2.5. Avaliação da qualidade físico-química dos frutos

### 2.5.1. Perda de Massa Fresca (PMF)

Para a determinação da % PMF os frutos foram pesados imediatamente após a aplicação dos tratamentos, ao terceiro e ao sexto dia após a aplicação. Foi utilizada balança de precisão Even® BL-1200AS. A equação utilizada para o cálculo foi:

$$\text{PMF} = [(\text{massa inicial} - \text{massa final}) / \text{massa inicial}] \times 100$$

### 2.5.2. Firmeza

A firmeza foi determinada por meio de penetrômetro manual (Fruit Pressure Tester, FT 327, ponteira 7 mm). Os valores foram obtidos perfurando os frutos uma vez, na região abaixo do pedúnculo. A equação utilizada para o cálculo foi:

$$P = F/A$$

Onde: P= Firmeza da polpa (kg.cm<sup>-2</sup>); F= Força de penetração (Kgf) e; A= Área da ponteira (cm).

### 2.5.3. Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de SST (°Brix) foi determinado a partir de uma pequena porção de amostra do fruto processado, colocada sobre o prisma do refratômetro manual (Biobrix® modelo 104-D). Este modelo de refratômetro possui compensação automática de temperatura.



#### 2.5.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

As leituras de pH foram feitas por meio de potenciômetro Digimed Mod. DM21, utilizando amostra aproximada de 10 gramas, processada, e homogeneizada em 100mL de água destilada.

#### 2.5.5. Acidez Titulável (AT)

A análise de acidez titulável foi determinada conforme as normas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005). Para tal procedimento foram utilizados 10 gramas de amostra processada e homogeneizada em 100mL de água destilada. A titulação foi efetuada com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N padronizada até o ponto de viragem equivalente a pH 8,2, com o auxílio de potenciômetro Digimed Mod. DM21 nas leituras. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico.

#### 2.5.6. Maturação

A classificação dos frutos de acordo com o grau de maturação foi feita por meio de valores numéricos da escala de cores para a cultivar “Pedro Sato” (Figura 1), que varia de 1 a 7. A escala utilizada foi construída em laboratório especificamente para a cultivar “Pedro Sato”, utilizando fotografias e uma fita verde, que por comparação indicava se havia ou não diferenças de iluminação do ambiente (VIEIRA, 2008).



Figura 1. Valores numéricos para escala de cores para a cultivar “Pedro Sato”: 1: verde-escuro; 2: verde; 3: verde-mate; 4: verde-amarelo; 5: 50% amarelo; 6: amarelo com base verde; 7: totalmente amarelo (VIEIRA, 2008).

### 2.5.7. Porcentagem de área danificada do fruto (%AD)

A área danificada do fruto foi avaliada no sexto dia de armazenamento, por meio da divisão em quadrantes da área externa dos frutos e a relação entre área danificada, proveniente de lesões naturais de antracnose, e área sem dano dentro dos quadrantes.

### 2.5.8. Delineamento

Como delineamento experimental foi adotado o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x3, sendo cinco tratamentos e três períodos de armazenamento (0, 3 e 6 dias), com cinco repetições. Inicialmente foi feita análise de variância dos dados e as médias comparadas através do teste de Duncan (P=5%). Para a análise de variância foi utilizado o software IBM SPSS Statistics v. 23.0 e o para a plotagem dos gráficos foi utilizado o software Origin v.8.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Avaliação preliminar dos lotes de frutos

Em avaliação prévia do lote de frutos, correspondente ao tempo de armazenamento (0), não houve diferença estatística entre os tratamentos testados em cada experimento, uma vez que foram consideradas as mesmas cinco repetições para todos os tratamentos. As médias obtidas para os parâmetros físico-químicos avaliados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Médias iniciais e erro padrão da massa, estágio de maturação, firmeza, sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez titulável (AT) de lotes de goiabas ‘Pedro Sato’ usados nos experimentos com fosfito e com água ozonizada.

Parâmetro	Pré fosfito	Pré ozônio
Massa (g)	133,23 ± 5,57*	145,42 ± 7,10
Estágio de Maturação	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
Firmeza (kg.cm-2)	9,06 ± 1,45	8,08 ± 1,15
SST (°Brix)	8,90 ± 1,39	9,74 ± 0,24
pH	3,40 ± 0,05	3,82 ± 0,02
AT (% ácido cítrico)	0,52 ± 0,03	0,61 ± 0,04

\*Erro padrão

#### 3.2. Aplicação de fosfitos combinada ao uso de revestimento de amido

O tratamento com frutos que receberam apenas revestimento de amido, o tratamento com Fosfito K 0,75% + revestimento de amido, o tratamento com Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido, e o tratamento com Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido, tiveram menor perda de massa fresca em relação à testemunha no terceiro dia de armazenamento. Apenas o tratamento com Fosfito K 1,5% e revestimento de amido não diferiu da testemunha quanto à perda de massa fresca no terceiro dia de armazenamento. Nas análises físico-químicas no sexto dia de armazenamento, os tratamentos com Fosfito K 0,75% e revestimento de amido, Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido e Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido obtiveram as menores médias de perda de massa fresca (PMF), e não apresentaram diferença significativa entre si, expressando o efeito positivo das combinações utilizadas quanto a reduzir as atividades metabólicas e evitar a perda de qualidade dos frutos

(Tabela 2). Bessa et al. (2015) observou redução de massa de 22% em goiabas sem proteção filmogênica após oito dias de armazenamento, e perda de massa de 11% dos frutos recobertos, no mesmo período. Os autores lembram ainda que o processo de perda de água sofrido por frutos não recobertos reflete não só em perda de massa, mas também em perda de qualidade por alterações na textura dos frutos.

No terceiro dia de armazenamento os tratamentos com Fosfito K 0,75% e revestimento de amido, Fosfito K 1,5% e revestimento de amido e Fosfito Ca 3,0% e revestimento de amido demonstraram menor avanço do estágio de maturação em comparação aos outros tratamentos avaliados. A testemunha e o tratamento com frutos que receberam apenas revestimento de amido foram os tratamentos com maturação mais avançada ao terceiro dia de armazenamento. Todos os tratamentos foram superiores a testemunha quanto à capacidade de retardar o processo de maturação no sexto dia de armazenamento (Tabela 2). Nenhum dos tratamentos testados ultrapassou o estágio 5 de maturação. Costa et al. (2017) realizando medidas objetivas de cor com colorímetro portátil (Hunterlab MiniScan EZ 4500L) descreve processo de amadurecimento ocorrendo de forma mais acelerada em goiabas sem revestimento, que apresentaram coloração mais amarela em relação àquelas que receberam revestimento, tanto em leituras realizadas no terceiro quanto leituras realizadas no sétimo dia de armazenamento.

A aparência dos frutos não foi prejudicada pela presença do revestimento, que apresentou quanto ao aspecto visual, a característica de transparência, além de conferir aos frutos um aspecto de polimento. Para Bessa et al. (2015) o filme de amido permite uma elevada translucidez, sendo tal característica essencial para a melhor apresentação do fruto envolvido, além de torná-lo mais atraente ao público consumidor. Segundo os autores, o revestimento de amido possui como vantagens, o fato de agregar valor e de possuir fácil remoção por parte do consumidor final, que pode retirar o filme por fricção ou lavagem.

A maior média para o parâmetro firmeza no terceiro dia de armazenamento foi observada no tratamento com Fosfito K 0,75% e revestimento de amido. No sexto dia de armazenamento, o maior valor de firmeza foi observado no tratamento com Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido, com média de  $5,76\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ . As médias obtidas nos tratamentos apenas com revestimento de amido, Fosfito K 0,75% e revestimento de amido e Fosfito Ca 3,0% e revestimento de amido não diferiram da testemunha (Tabela 2). A maior firmeza obtida no tratamento com Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido pode estar relacionada ao fato de o cálcio estar associado com a regulação do amadurecimento de frutos, devido à formação de

pontes entre os ácidos pécticos e outros ácidos polissacarídeos que atuam como sítios anti-senescência. As ligações estabelecidas estabilizam a estrutura da parede e da membrana celular, o que dificulta o acesso e ou interfere na atividade de enzimas responsáveis pelo amaciamento, como a poligalacturonase, mantendo os frutos mais firmes (CONWAY et al., 1992). A elevação da firmeza observada entre o terceiro e sexto dias de armazenamento pode estar associada a penetração do íon cálcio nos tecidos, processo que é dependente do tempo de imersão dos frutos, da baixa mobilidade do cálcio no floema e da concentração utilizada (CONWAY et al., 1994; LURIE; KLEIN, 1992).

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) no terceiro dia de armazenamento nos tratamentos apenas com revestimento de amido e Fosfito K 0,75% e revestimento, foram superiores ao observado na testemunha. No sexto dia de armazenamento, o tratamento Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido foi superior aos demais quanto ao teor de sólidos solúveis totais (SST) (Tabela 2). É importante mencionar que as médias obtidas para todos os tratamentos, tanto no terceiro quanto no sexto dias de armazenamento são superiores a testemunha, evidenciando efeito positivo do revestimento na conservação da qualidade dos frutos, com consumo de reservas e processo de senescência ocorrendo de forma mais lenta. Em experimento com filmes antimicrobianos em goiabas “Pedro Sato”, armazenadas a 22°C, Soares et al. (2011) também verificaram a redução nos teores de sólidos solúveis totais no tratamento controle, enquanto que as goiabas revestidas com filmes à base de amido, acrescidos de quitosana, tiveram seus teores preservados por até 8 dias.

Os valores médios de pH no terceiro dia de armazenamento foram estatisticamente iguais entre a testemunha e os tratamentos apenas com revestimento de amido, Fosfito K 0,75% e revestimento de amido e Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido. O tratamento com Fosfito K 1,5% e revestimento de amido diferiu dos demais com valor inferior e o tratamento Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido apresentou valor estatisticamente superior aos demais. A variação de pH observada para todos os diferentes tratamentos ocorre na faixa de 3,76 a 3,90. Não houve diferença estatística de pH entre os diferentes tratamentos no sexto dia de armazenamento (Tabela 2).

No terceiro dia de armazenamento a acidez titulável (AT) foi maior nos tratamentos com Fosfito K 0,75% e revestimento de amido e Fosfito K 1,5% e revestimento de amido. A testemunha e os tratamentos apenas com revestimento de amido e Fosfito Ca 1,5% e revestimento de amido não apresentaram diferença significativa para esse parâmetro físico-químico. O valor observado para o tratamento com Fosfito de Ca 1,5% e revestimento de

amido também diferiu da testemunha. A acidez titulável (AT) apresentou comportamento semelhante ao pH no sexto dia de armazenamento, sem apresentar diferença estatística entre os tratamentos testados no sexto dia de armazenamento (Tabela 2). Os resultados obtidos concordam com Ramos et al. (2013) em que os parâmetros de pH e acidez titulável dos frutos de goiaba não apresentaram diferenças significativas sob efeito do uso de cobertura.

Não foi observada a ocorrência de lesões naturais de antracnose no sexto dia de armazenamento. A ausência do patógeno pode estar relacionada às medidas de controle realizadas em etapa pré-colheita, ou às condições ambientais no período de realização do experimento.

Tabela 2. Médias de Perda de Massa Fresca (PMF), Estágio de Maturação (EM), Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ ), Sólidos Solúveis Totais (SST), pH, Acidez Titulável (AT) e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiaba cv. Pedro Sato, submetidas à imersão por 20 minutos em solução com de Fosfito K e Fosfito Ca seguida da aplicação de revestimento de amido (RA), e armazenadas a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p < 0,05$ )].

Tratamento	PMF (%)		EM (1-7)		Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ )		SST		pH		AT (% ácido cítrico)	
	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia
Testemunha	6,50a	12,50a	3,60a	6,80a	5,58bc	3,76ab	9,86b	9,60c	3,84ab	3,82a	0,71ab	0,73a
Apenas RA	4,31b	9,78ab	3,80a	5,00b	5,90abc	3,86ab	11,06a	10,90ab	3,84ab	3,66a	0,69ab	0,75a
Fosfito K 0,75% + RA	4,50b	9,22b	2,20b	4,40b	8,88a	4,68ab	11,28a	10,80abc	3,86ab	3,68a	0,73a	0,71a
Fosfito K 1,5% + RA	5,43ab	11,02ab	2,80b	5,00b	6,36abc	3,16b	10,48ab	9,80bc	3,76b	3,94a	0,73a	0,72a
Fosfito Ca 1,5% + RA	4,95b	9,18b	3,00ab	3,80b	4,52c	5,76a	10,90ab	11,32a	3,88ab	3,66a	0,64b	0,73a
Fosfito Ca 3,0% + RA	4,11b	9,15b	2,00b	4,60b	8,10ab	4,68ab	10,80ab	10,92ab	3,90a	3,84a	0,71ab	0,73a

### 3.3. Tratamentos com água ozonizada combinados ao uso de revestimento de amido

O tratamento com 10 minutos de imersão + revestimento de amido foi o tratamento com menor perda de massa fresca (PMF) no terceiro dia de armazenamento. Os tratamentos apenas com revestimento de amido, 10 minutos de imersão e revestimento de amido e 30 minutos de imersão e revestimento de amido, apresentaram menores médias de perda de massa fresca (PMF) em relação à testemunha, no período de seis dias de armazenamento (Tabela 3).

Não houve diferença significativa para o estágio de maturação observado entre os diferentes tratamentos testados. Os tratamentos também não apresentaram diferença significativa entre si quanto ao estágio de maturação no sexto dia de armazenamento (Tabela 3). Em avaliação do uso de revestimento para extensão da vida útil da goiaba “Pedro Sato”, Fonseca et al. (2016) observou processo de maturação igual para diferentes tratamentos com frutos armazenados em condição ambiente.

A maior média observada para o parâmetro firmeza com três dias de armazenamento foi a do tratamento com 30 minutos de imersão e revestimento de amido. A menor média foi observada na testemunha, que não diferiu estatisticamente do tratamento com 10 minutos de imersão e revestimento de amido, e dos tratamentos apenas com revestimento de amido e com 20 minutos de imersão e revestimento de amido. A firmeza observada no tratamento com 10 minutos de imersão e revestimento de amido foi superior aos demais tratamentos no sexto dia de armazenamento (Tabela 3). De modo geral houve uma redução da firmeza em relação ao terceiro dia de armazenamento. Uliana et al. (2015) avaliando a influência do ozônio na sanitização de goiabas notou uma tendência da aplicação do ozônio diminuir a firmeza dos frutos. Os autores relatam que a sanitização das goiabas convencionais com 20 minutos de ozonização promoveu alterações metabólicas de perda de firmeza, cujos valores se aproximaram aos encontrados em goiabas orgânicas. É possível ainda, segundo os autores, que o ozônio possa ter promovido danos na parede celular que tenham induzido ou ativado enzimas de degradação, o que poderia ser um indicativo do uso de concentrações menores em goiabas. Neste trabalho não houve variação de concentração, o que pode indicar que períodos maiores de exposição possam exercer o efeito de alteração da parede celular.

Os tratamentos apenas com revestimento de amido e com 20 minutos de imersão e revestimento de amido apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis totais no terceiro dia de armazenamento, diferindo da testemunha que apresentou a menor média no terceiro dia



de armazenamento. Os tratamentos com 20 minutos de imersão e revestimento de amido e com 30 minutos de imersão e revestimento de amido apresentaram decréscimo menos acentuado do teor de sólidos solúveis totais (SST) em relação ao terceiro dia, e apresentaram os maiores valores para este parâmetro no sexto dia de armazenamento, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 3). Cerqueira et al. (2011) descreve baixa influência de recobrimentos sobre o teor de sólidos solúveis totais, e lembra que embora a goiaba seja uma espécie que praticamente não armazena amido, pequenos incrementos no teor de sólidos solúveis totais foram observados ao longo do amadurecimento.

O pH do tratamento com 30 minutos de imersão e revestimento de amido diferiu dos demais com valor superior. Os tratamentos com 10 minutos de imersão e revestimento de amido e 20 minutos de imersão e revestimento de amido não apresentaram diferença em relação à testemunha. O tratamento apenas com revestimento de amido obteve a menor média entre os tratamentos testados. Os valores de pH não diferiram entre os tratamentos testados, no sexto dia de armazenamento (Tabela 3). Os resultados concordam com Ramos et al. (2013), em que não houve diferença significativa para o pH sob efeito de tratamentos com recobrimento. É esperado um aumento do pH ao longo do tempo de armazenamento em virtude da degradação dos ácidos orgânicos (BESSA et al., 2015; COSTA et al., 2017).

A testemunha e os tratamentos com 20 minutos de imersão e revestimento de amido, e 30 minutos de imersão e revestimento de amido não diferiram entre si quanto aos valores de acidez titulável (AT), no terceiro dia de armazenamento. O tratamento com 30 minutos de imersão e revestimento de amido diferiu dos demais tratamentos com valor inferior. A acidez titulável (AT) dos tratamentos com 20 minutos de imersão e revestimento de amido e com 30 minutos de imersão e revestimento de amido apresentaram os maiores valores ao sexto dia, e decréscimo mais lento em relação ao terceiro dia, assim como para o parâmetro anterior, indicando menor intensidade de atividade respiratória e do processo de senescência dos frutos (Tabela 3).

No sexto dia de armazenamento foram observados diferentes percentuais de área danificada por lesões naturais de antracnose (AD), no entanto nenhum dos tratamentos diferiu estatisticamente da testemunha (Tabela 3).

Tabela 3. Médias de Perda de Massa Fresca (PMF), Estágio de Maturação (EM), Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ ), Sólidos Solúveis Totais (SST), pH, Acidez Titulável (AT) e Área danificada por lesões naturais de antracnose (AD) de goiabas cv. Pedro Sato, submetidas a diferentes períodos de imersão (10 minutos; 20 minutos; 30 minutos) em água ozonizada, seguidos da aplicação de revestimento de amido (RA), e armazenados a 25°C. Letras iguais indicam que não há diferença significativa [Teste de Duncan ( $p < 0,05$ )].

Tratamento	PMF (%)		EM (1-7)		Firmeza ( $\text{kg.cm}^{-2}$ )		SST		pH		AT (% ácido cítrico)		AD (%)
	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	3º dia	6º dia	6º dia
Testemunha	5,78a	14,29a	3,00a	5,00a	1,90b	1,34b	8,32b	7,72ab	3,88ab	3,88a	0,64a	0,59b	15,24abc
Apenas RA	6,01a	11,05b	2,60a	5,00a	2,62ab	1,48b	9,42a	7,90ab	3,76b	3,80a	0,61ab	0,59b	20,98a
10 minutos de imersão + RA	4,43b	11,35b	2,40a	4,40a	2,16b	1,94a	8,96ab	7,32b	3,80ab	3,88a	0,66a	0,58b	16,88ab
20 minutos de imersão + RA	5,30a	13,02ab	3,00a	4,40a	2,40ab	1,36b	9,22a	8,40a	3,78ab	3,90a	0,64a	0,68a	9,54c
30 minutos de imersão + RA	5,73a	10,65b	2,60a	3,80a	3,40a	1,50b	9,04ab	8,20a	3,90a	3,78a	0,57b	0,69a	11,74bc

#### 4. CONCLUSÃO

As combinações de diferentes tratamentos com fosfitos à aplicação de revestimento de amido demonstraram potencial em retardar o avanço do processo de maturação de goiabas.

O uso de revestimento de amido combinado aos tratamentos com Fosfito K 0,75%, Fosfito Ca 1,5% e Fosfito Ca 3,0% reduziram a perda de massa fresca de frutos de goiaba em seis dias de armazenamento.

Os frutos imersos em água ozonizada na concentração de  $21\text{mg.L}^{-1}$  durante 10 minutos e revestidos com amido perderam menos massa e mantiveram a firmeza em seis dias de armazenamento.

Os tratamentos apenas com revestimento de amido e a imersão por 30 minutos em água ozonizada combinada ao revestimento de amido reduziram a perda de massa fresca dos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESSA, R. A.; OLIVEIRA, L. H.; ARRAES, D. A.; BATISTA, E. S.; NOGUEIRA, D. H.; SILVA, M.S.; RAMOS, P. H.; LOIOLA, A.R. Filmes de amido e de amido/zeólita aplicados no recobrimento e conservação de goiaba (*Psidium guajava*). **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2190-2201, 2015.

BRASIL MINISTÉRIO DA SAÚDE – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos FísicoQuímicas para análise de alimentos. Ministério da Saúde**, p. 1018, 2005.

CAJAMARCA, S. M. Ozonização como método alternativo na conservação de morango produzido em sistema orgânico. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2015.

CERQUEIRA, T.S.; JACOMINO, A. P.; SASAKI, F. F.; ALLEONI, A. C. C. Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. **Bragantia**, v. 70, n. 1, 2011.

CHIEN, P. J.; SHEU, F.; YANG, F. H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 1, p. 225-229, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed., Lavras: editora UFLA, 2007, 783 p.

CIA, P.; BENATO, E.A.; PASCHOLATI, S.F; GARCIA, E.O. Altas concentrações de CO<sub>2</sub> no controle da podridão mole em caqui rama forte. **Summa Phythopatologica**, Jaguariúna, v. 34, p. 79-80, 2008.

CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; McGUIRE, R.G.; KELMAN, A. Calcium treatment of Apples and Potatoes to reduce postharvest decay. **Plant Disease**, St. Paul, v.76, n.4, p. 329-334, 1992.

CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; WANG, C.Y.; ABBOTT, J.A. Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in Apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.1, p. 49-53, 1994.

COSTA, L.C.; SANTOS, L. R.; FRANÇA, R.; DAVINI, G.; SHIRAI, M.A. Aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de goiabas (*Psidium guajava* L.). **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 2, p. 16-31, 2017.

DELIOPOULUS, T.; KETTLEWELL, P.S.; HARE, M.C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **CropProtection**, v.29, p.1059-1075, DOI: 10.1016/j.cropro.2010.05.011, 2010.

EMATER-DF. **Relatório de Informações Agropecuárias**[http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55](http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=72&Itemid=55). Acesso em: 08/07/2017.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J. P.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. **Trends Food Science and Technology**, v. 22, p. 291-303, 2011.

FONSECA, M.J. O.; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. G.; CARVALHO, M. A. G.; NEVES JÚNIOR, A. C. V. Uso de revestimento comestível para extensão da vida útil da goiaba 'Pedro Sato'. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 2, p. 101-110, 2016.

GUZEL-SEYDIM, Z. B.; GREENE, A. K.; SEYDIM, A. C. Use of ozone in the food industry. **LWT - Food Science and Technology**, v.37, p.453-460. 2004.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v.26, n. 4. 86 pp. 2013.

JACOMETTI, G. A.; MENEGHEL, R. F. A.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimentos comestíveis em pêsego (*Prunus persica*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 95-100, 2003.

LURIE, S.; KLEIN, J.D. Calcium and heat treatment to improve storability of 'Anna' Apples. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.1, p. 36-39, 1992.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Fruticultura tropical: goiaba. Porto Alegre: Cinco Continentes, 373 p, 2000.

MUSTAFA, M.G. Biochemical basis of ozone toxicity. **Free Radical Biology and Medicine**, v.9, p.245–265, 1990.

PEREIRA, F. M. Cultura da goiabeira. Jaboticabal, SP: FUNEP, 47 p, 1995.

RAMOS, A. R. P.; BARBOSA, A. C. A.; SILVA, E. F.; SOUZA, E. M.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Conservação de goiaba cv. 'Paluma' com utilização de biofilme comestível. **Revista Cultivando o Saber**, p. 143-154, 2013.

REINOSO, E.; MITTAL, G. S.; LIM, L. T. Influence of whey protein composite coatings on plum (*PrunusDomestica*L.) fruit quality. **Food Bioprocess Technology**, v. 1, p. 314-325, 2008.

SAUCEDO-POMPA, S.; ROJAS-MOLINA, R.; AGUILERA-CARBÓ, A. F.; SAENZ-GALINDO, A.; GARZA, H. D. L.; JASSO-CANTÚ, D. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. **Food Research International**, v. 42, p. 511-515, 2009.

VIEIRA, S. M. J. et al. Características físicas de goiabas (*Psidium guajava* L.) submetidas a tratamento hidrotérmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2008.