



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido

**OZÔNIO, TRATAMENTO HIDROTÉRMICO E
FUNGICIDA NO MANEJO DA ANTRACNOSE
DA MANGA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA**

MARISA DE SOUSA ROCHA

2022

MARISA DE SOUSA ROCHA

**OZÔNIO, TRATAMENTO HIDROTÉRMICO E FUNGICIDA NO MANEJO DA ANTRACNOSE DA MANGA
E QUALIDADE PÓS-COLHEITA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi

**Janaúba
2022**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Rocha, Marisa de Sousa

R672o Ozônio, tratamento hidrotérmico e fungicida no manejo da antracnose da manga e qualidade pós-colheita [manuscrito] / Marisa de Sousa Rocha – 2022.
58 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2022.

Orientador: Prof. D. Sc. Edson Hiydu Mizobutsi.

1. Antracnose. 2. Fungicidas. 3. Manga. 4. Pós-colheita Tecnologia. I. Mizobutsi, Edson Hiydu. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 634.44

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

MARISA DE SOUSA ROCHA

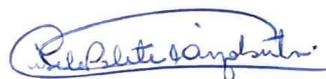
**OZÔNIO, TRATAMENTO HIDROTÉRMICO E FUNGICIDA NO MANEJO DA ANTRACNOSE DA MANGA
E QUALIDADE PÓS-COLHEITA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de maio de 2022.



Prof. Dr. Edson Miydu Mizobutsi
UNIMONTES (Orientador)



Profª. Dra. Gisele Polete Mizobutsi
UNIMONTES (Coorientadora)



Profª. Dra. Regina Cássia Ferreira
Ribeiro UNIMONTES (Conselheira)



Prof. Dr. Fernando da Silva Rocha
UFMG (Conselheiro)

**Janaúba
2022**

Aos meus pais Eldi e Geraldo Aparecido.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, por estar sempre comigo, por todas as conquistas obtidas até aqui e por permitir esta tão sonhada realização;

Ao meu orientador Professor Dr. Edson Hiydu Mizobutsi, por toda orientação e ensinamentos de grande importância para o meu crescimento profissional;

À Prof. Dr^a. Gisele Polete Mizobutsi, pela coorientação e por disponibilizar o seu laboratório para a realização de algumas análises;

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Patologia Pós-Colheita pelo companheirismo e por todos os esforços durante todo o período de realização desse trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal no Semiárido da Unimontes, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior – Brasil (CAPES), pela bolsa de pesquisa concedida; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);

Ao corpo docente da UNIMONTES e aos funcionários que sempre estiveram dispostos a cooperar para o bom funcionamento da Universidade;

Aos meus queridos pais, Eldi e Geraldo Aparecido, pela perseverança, apoio, ajuda e amor incondicional, meus exemplos de vida. Ao meu namorado pelo apoio e companheirismo, à minha família e amigas pela ajuda durante essa caminhada;

Aos membros da banca, pela disponibilidade e sugestões;

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	15
2.1 Geral	15
2.2 Específicos	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 Importância da cultura da manga no Brasil	16
3.2 Antracnose da manga	17
3.3 Controle da antracnose da manga	18
3.4 Tratamento hidrotérmico	19
3.5 Controle químico	20
3.6 Ozônio	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 Isolado de <i>Colletotrichum</i> spp.	24
4.2 Intensidade de antracnose em manga ‘Palmer’	24
4.3 Características físicas e químicas da manga ‘Palmer’	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Intensidade de antracnose em manga ‘Palmer’	27
5.2 Características físicas e químicas da manga ‘Palmer’	29
6 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

RESUMO GERAL

ROCHA, Marisa Sousa. **Ozônio, tratamento hidrotérmico e fungicida no manejo da antracnose da manga e qualidade pós-colheita.** 2022. 58 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

A antracnose é uma das doenças mais frequentes em pós-colheita da manga, responsável por limitar a produção, reduzir a qualidade do fruto e acarretar grandes prejuízos financeiros. Para o seu controle são necessárias medidas eficientes e viáveis que não gerem resíduos, devido às pressões socioeconômicas e ambientais sobre o controle exclusivamente com fungicidas. O tratamento térmico ou a combinação com outros métodos, como o uso do ozônio, vem sendo usado no controle de doenças pós-colheita. O trabalho teve por objetivo avaliar a sanitização de manga ‘Palmer’, com água ozonizada ou não, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida no controle da antracnose e as características físicas e químicas dos frutos tratados. Para a avaliação da intensidade de antracnose em manga ‘Palmer’, o experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos, com quatro repetições, contendo dois frutos em cada repetição. As mangas do cultivar Palmer foram inoculadas com *Colletotrichum gloeosporioides* e submetidas aos tratamentos: água ozonizada; hidrotérmico; fungicida; água ozonizada + hidrotérmico; água ozonizada + fungicida; hidrotérmico + fungicida; água ozonizada + hidrotérmico + fungicida e controle (frutos inoculados / sem tratamentos). Os frutos foram armazenados à 25 °C e avaliou-se a intensidade da antracnose pela incidência e severidade a cada três dias, durante 15 dias. Calcularam-se as áreas abaixo da curva de progresso de incidência e da severidade da doença. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade. Para as avaliações das características da pós-colheita dos frutos, o experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 8 x 5 (oito tratamentos e cinco dias de avaliações), com quatro repetição, contendo dois frutos cada repetição. Foram utilizados frutos com os mesmos tratamentos descritos anteriormente, porém o controle foi formado por frutos sem inoculação/sem tratamentos e armazenados à 13 °C, durante 28 dias. Foram avaliadas a firmeza, a perda de massa fresca, a coloração da casca e polpa, a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e regressão a nível de 5% de significância para o fator dias de armazenamento. O tratamento hidrotérmico e a combinação dos tratamentos foram: água ozonizada + hidrotérmico, hidrotérmico + fungicida e água ozonizada + hidrotérmico + fungicida apresentaram resultados positivos no controle da antracnose nos frutos. Os tratamentos somente com água ozonizada e fungicidas não diferiram estatisticamente do controle. Nas avaliações químicas e físicas dos frutos, houve interação significativa do período de armazenamento e tratamentos, apenas para a cromaticidade da casca e acidez titulável. Os maiores valores de acidez foram observados nos primeiros dias de armazenamento,

¹ **Comitê orientador:** Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi – UNIMONTES (Orientador); Prof. Dra. Gisele Polete Mizobutsi – UNIMONTES (Coorientadora); Prof. Dra. Regina Cássia Ferreira Ribeiro – UNIMONTES (Conselheira); Prof. Dr. Fernando da Silva Rocha –UFMG (Conselheiro).

logo após houve um declínio durante o amadurecimento dos frutos. Observou-se que os tratamentos não influenciaram a firmeza e coloração dos frutos. A perda de massa fresca e os teores de sólidos solúveis aumentaram durante os dias de armazenamento, independente dos tratamentos, correspondendo ao início do amadurecimento dos frutos. Conclui-se que o tratamento hidrotérmico em combinação com ozônio e fungicida foram capazes de reduzir a incidência e a severidade da antracnose em manga. Todos os tratamentos aplicados na pós-colheita não alteraram as características pós-colheita dos frutos, que se mantiveram adequadas ao consumo por 28 dias.

Palavras-chave: *Mangifera indica*, água ozonizada, hidroterapia, fungicida, *Colletotrichum*.

GENERAL ABSTRACT

ROCHA, Marisa Sousa. **Ozone, hydrothermal and fungicide treatment in mango anthracnose management and post-harvest quality.** 2022. 58 p. Dissertation (Master in Crop Production in the Semiarid) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG².

Anthrachnose is one of the most frequent post-harvest diseases of mango, responsible for limiting production, reducing fruit quality and causing large financial losses. For its control efficient and feasible measures that do not generate residues are required, due to the socioeconomic and environmental pressures on the control exclusively with fungicides. Heat treatment or the combination with other methods, such as the use of ozone, has been used in the control of post-harvest diseases. The objective of this work was to evaluate the sanitization of 'Palmer' mangoes, with ozonated water or not, combined with hydrothermal treatment and fungicide in the control of anthracnose and the physical and chemical characteristics of the treated fruits. To evaluate the intensity of anthracnose in 'Palmer' mango, the experiment was set up in an entirely randomized design with eight treatments, with four repetitions, containing two fruits in each repetition. Mangoes of the cultivate "Palmer" were inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides* and submitted to the following treatments: ozonated water; hydrothermal; fungicide; ozonated water + hydrothermal; ozonated water + fungicide; hydrothermal + fungicide; ozonated water + hydrothermal + fungicide and control (inoculated fruits / no treatments). The fruits were stored at 25 °C and the intensity of anthracnose was evaluated by the incidence and severity every three days for 15 days. The areas under the curve of progress of the incidence and severity of the disease were calculated. The data were submitted to variance analysis and the means were compared using the Scott-knott test at 5% probability. To evaluate the post-harvest characteristics of the fruits, the experiment was set up in an entirely randomized design with an 8 x 5 factorial scheme (eight treatments and five days of evaluation), with four repetitions, containing two fruits in each repetition. Fruits treated with the same treatments described above were used, but the control was formed by fruits without inoculation/no treatments and stored at 13 °C during 28 days. Firmness, fresh mass loss, skin and pulp coloration, titratable acidity and soluble solids content were evaluated. The data were submitted to variance analysis and the means were compared using the Tukey test at 5% probability and regression at 5% significance level for the storage day's factor. The hydrothermal treatment and the combination of treatments: ozonated water + hydrothermal, hydrothermal + fungicide and ozonated water + hydrothermal + fungicide showed positive results in the control of anthracnose in fruits. The treatments only with ozonated water and fungicide did not differ statistically from the control. In the chemical and physical evaluations of the fruits, there was a significant interaction of the storage period and treatments, only for the chromaticity of the peel and titratable acidity. The highest values of acidity were observed in the first days of storage,

² **Guidance Committee:** Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi – UNIMONTES (Advisor); Prof. Dra. Gisele Polete Mizobutsi – UNIMONTES (Coadvisor); Prof. Dra. Regina Cássia Ferreira Ribeiro – UNIMONTES (Counselor); Prof. Dr. Fernando da Silva Rocha –UFMG (Counselor).

after which there was a decline during fruit ripening. It was observed that the treatments did not influence the firmness and coloration of the fruits. The loss of fresh mass and the contents of soluble solids increased during the days of storage, independent of the treatments, corresponding to the beginning of fruit ripening. It is concluded that hydrothermal treatment in combination with ozone and fungicide were able to reduce the incidence and severity of anthracnose in mango. All treatments applied during post-harvest did not alter the post-harvest characteristics of the fruits, keeping them suitable for consumption for 28 days.

Keywords: *Mangifera indica*, ozonated water, hydrotherapy, fungicide, *Colletotrichum*.

1. INTRODUÇÃO

A manga (*Mangifera indica* L.), produzida em quase todas as regiões é um dos frutos tropicais de maior relevância econômica no Brasil. A produção em 2020 foi de 1.569.011 mil toneladas, segundo o Anuário Brasileiro de HORTI & FRUTI (2022). As regiões em destaque na cultura da manga são Nordeste e Sudeste, com grande relevância na região Norte de Minas Gerais.

Apesar da expressiva produção de manga no Norte de Minas Gerais, as plantas não expressam o seu potencial produtivo devido a problemas ocasionados por fatores fitossanitários. Dentre os fatores fitossanitários, destaca-se a antracnose causada pelas espécies de *Colletotrichum* que causam grandes perdas na cultura. No Brasil, as principais espécies que ocorrem são *C. gloesporioides*, *C. tropicale*, *C. acutatum*, *C. asianum*, *C. fructicola*, *C. karstii*, *C. dianesei* (LIMA *et al.*, 2013; TOZZE JÚNIOR *et al.*, 2015), com predomínio da primeira espécie nas áreas comerciais. O gênero *Colletotrichum* é considerado um dos patógenos de grande importância em todo o mundo (DEAN *et al.*, 2012).

O processo infeccioso inicia-se no campo, em frutos ainda verdes, e permanece em estado quiescência, manifestando-se na fase de maturação (PERUMAL *et al.*, 2017). Na maturação, ocorre redução da resistência da casca e dos compostos anti-fúngicos, maior disponibilidade de água e açúcares, tornando a manga mais suscetível à infecção (PFAFFENBACH *et al.*, 2013).

A antracnose é caracterizada por manchas escuras, pouco deprimidas na epiderme do fruto, sendo comum a mancha de lágrima, produção de massas de conídios com coloração alaranjada, levando a uma podridão-mole o que danifica e diminui sua qualidade (TERAO *et al.*, 2013; FISCHER *et al.*, 2009). Em manga, as perdas causadas por antracnose podem chegar a 27,5% (MARTINS & FARIAS, 2002).

As tecnologias disponíveis que permitem aumentar a vida pós-colheita, livre de doença e mantém a qualidade dos frutos são o tratamento químico, hidrotérmico e a refrigeração (LABAVITCH, 1998). Os fungicidas constituem a principal forma de controle das doenças em muitos frutos na pós-colheita.

Os princípios ativos registrados para a cultura da manga estão o Imazalil e tiabendazol. Recomenda-se a combinação dos princípios químicos, tratamento hidrotérmico, com temperatura de 55°C durante 5 minutos para melhor eficácia (MAPA, 2021).

Entretanto, a forma de aplicação, o surgimento de isolados resistentes (FISCHER *et al.*, 2017) e as pressões socioeconômicas e ambientais têm reduzido o planejamento de controle com base exclusivamente em fungicidas.

Vários métodos de controle de doenças como tratamento térmico, refrigeração, radiação, óleos essenciais e extratos de plantas, diversos revestimentos e filmes vêm sendo estudados para minimizar ou substituir o uso de fungicidas (CIA *et al.*, 2007; GALUS & KADZIŃSKA, 2015).

Dentre os métodos alternativos de manejo da antracnose tem-se utilizado o ozônio como uma opção de sanitização dos frutos. Uma das vantagens do uso de água ozonizada, é a ausência de resíduos deixados nos produtos alimentícios após o tratamento (KECHINSKI *et al.*, 2012). Sua aplicação na forma aquosa ou gasosa é capaz de eliminar ou reduzir os níveis de fungos do gênero *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Myrothecium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Botrytis* e *Mucor*, vírus e bactérias (MARTÍNEZ *et al.*, 2002; KIM *et al.*, 1999; KHADRE & SOUSEF, 2001; RAILA *et al.*, 2006; WU *et al.*, ZOTTI *et al.*, 2008; OSKAN *et al.*, 2011; ALENCAR *et al.*, 2013; ALEXOPOULOS *et al.*, 2013), por meio da ação diretamente na parede celular e membrana dos mesmos o que proporciona qualidade do fruto e sua resistência à deterioração (SILVA NETO *et al.*, 2019; SUJAYASREE, *et al.*, 2022). A ação sanitizante do ozônio na forma aquosa é obtida de uma reação química do contato do gás ozônio com a água. A partir desse contato ocorre a formação de hidroxilas ($\text{HO}_2 + \text{OH}$), a solução de água mais hidroxilas possui excelente ação microbiana.

Martínez *et al.* (2002) demonstraram que o uso de água ozonizada na concentração de 2,2 mg L⁻¹ e tempo de imersão de 15 min foi capaz de inibir significativamente a germinação de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* e, em menor grau, *Lasiodiplodia theobromae* em mangas da cultivar Haden. A utilização do ozônio tem demonstrado eficácia quando utilizado isoladamente ou associado a outros métodos de controle como o hidrotérmico (COELHO *et al.*, 2015).

O tratamento hidrotérmico pode controlar o *C. gloeosporioides* pelas altas temperaturas de 55 a 58 °C. Seu modo de ação se dá por meio da desnaturação de proteínas e enzimas e também por agir como um elicitador físico, reduzindo os conídios (NASCIMENTO *et al.*, 2014; BARKAI-GOLAN & PHILLIPS, 1991).

O estudo do efeito de métodos físicos e químicos no manejo da antracnose, que possa reduzir as perdas pós-colheita da manga, apresenta grande relevância para o mercado desta fruta. Diante disso, surge a necessidade de estudos sobre métodos físicos e químicos no manejo

da antracnose da manga e verificar se não há alteração nas características físicas e químicas dos frutos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo desse trabalho foi avaliar água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida no manejo da antracnose em pós-colheita.

2.2. Específicos

Avaliar a sanitização com água ozonizada ou não, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida na redução dos níveis de incidência e severidade da antracnose.

Avaliar o efeito da água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e tratamento químico sobre a firmeza, coloração da casca e polpa, perda de massa fresca, sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos/acidez titulável e pH da manga 'Palmer'.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da cultura da manga no Brasil

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma espécie frutífera de clima tropical, pertencente à família Anacardiaceae, originária do sul asiático especificamente na parte oriental da Índia. No Brasil, a manga é cultivada em quase todos os estados, com grande importância socioeconômica (BASSO *et al.*, 2018). A manga é uma das frutas mais ricas em vitaminas A, além de ser fonte de sais minerais, outras vitaminas e nutrientes. Sua qualidade depende das suas propriedades físicas, como a forma, massa, quantidade de fibras na polpa e cor da casca, e das suas propriedades químicas, tais como os sólidos solúveis, acidez titulável e açúcares solúveis totais (SHI *et al.*, 2015). Os frutos apresentam vários compostos bioativos, tais como o ácido ascórbico, β -caroteno e polifenóis, contribuindo para as propriedades antioxidantes e nutricionais (NTSOANE *et al.*, 2019).

Além da sua cor atraente, seu sabor e suas propriedades nutricionais, a manga tem um baixo preço o que permite chegar à mesa dos consumidores de várias classes sociais, podendo ser consumida *in natura*, na forma de sucos, caldas, compotas, néctar, em conserva, frutas secas, em pasta, farinha, geleias e muitos outros (LIU *et al.*, 2013; NAMBI *et al.*, 2015).

As cultivares mais produzidas de manga, são a Tommy Atkins, Palmer, Haden, as quais são responsáveis pela maior parte das exportações brasileiras de manga (LAWSON *et al.*, 2019). É uma das frutas mais consumidas e produzidas no Brasil, de ampla aceitação comercial e importância econômica para o Brasil, a produção em 2020 foi de 1.569.011 mil toneladas (IBGE, 2020). A região Nordeste, na safra de 2020, foi responsável pela maior produção brasileira de manga, obtendo em torno de 1.230.995 mil toneladas da fruta (CONAB, 2020). Sua importância econômica correspondeu a US\$ 247.417,2 mil em 2020 e US\$ 248.738,7 mil no ano de 2021, em frutas frescas exportadas pelo país (MAPA, 2020; MAPA, 2021).

O Brasil é o sexto maior produtor mundial de manga (FAO, 2020), possuindo cerca de 71,8 mil hectares de manga colhidos. As regiões em destaque na cultura da manga são Nordeste e Sudeste, com a produção de 1.230.995 e 324.152 mil toneladas, respectivamente (IBGE, 2020). Os principais estados produtores em 2020, são Pernambuco seguido pela Bahia, São Paulo, Minas Gerais e Ceará (IBGE, 2020). Em Minas Gerais, a produção se concentra nos municípios de Matias Cardoso, Jaíba, João Pinheiro, Janaúba e São Roque de Minas, correspondendo juntos por 48,9% do volume estadual (IBGE, 2020).

A manga tem grande importância econômica, alcançando ao ponto mais alto no ranking das exportações brasileiras de frutas, segundo o Anuário Brasileiro de HORTI & FRUTI (2022). No entanto, apesar da expressiva produção da manga no país, boa parte não chega aos consumidores, entre as principais causas estão as doenças em pós-colheita, destacando-se a antracnose que é responsável por perdas que podem chegar a 78% durante a comercialização e consumo (ÁNGEL *et al.*, 2006). Fischer *et al.* (2009b) em seus estudos demonstraram que a antracnose incidiu em 100% sobre 15 variedades de manga, um dia após o armazenamento. Outros tipos de perdas correspondem ao nível elevado de maturação, devido às condições de armazenagem e à exposição do fruto (MACHADO *et al.*, 2017).

3.2 Antracnose da manga

A antracnose é causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, sendo uma das principais doenças que ocorre na mangueira. Os sintomas mais comuns são manchas marrons arredondadas ou irregulares, podendo coalescer nas folhas e frutos e causar rompimento de tecidos (ALVES, 2015). O desenvolvimento da doença é favorecido por temperatura e umidade relativa elevada, sua sobrevivência em restos de cultura faz com que seja disseminado pelo vento, insetos e chuvas (AGRIOS, 2005; KIMATI *et al.*, 2005).

Geralmente os frutos recém-colhidos não apresentam sintomas da antracnose, no entanto, a doença se manifesta na fase de pós-colheita, causando grandes perdas na produção e desperdícios do fruto que fica impróprio para a comercialização e consumo (CAPDEVILLE *et al.*, 2005). A penetração do fungo pode ocorrer no fruto imaturo, mas o patógeno é capaz de permanecer em estado de quiescência, manifestando-se na fase de maturação do fruto quando ocorre as relações parasitárias estáveis (KOLATTUKUDY *et al.*, 1995; PERUMAL *et al.*, 2017).

Na fase de maturação, o fruto vai apresentar diminuição da resistência da casca, em decorrência ao amolecimento da polpa e à disponibilidade maior de água e açúcares, fazendo com que a manga se torne mais suscetível à infecção por patógenos que ocasionam podridões ao do fruto (PFAFFENBACH *et al.*, 2013).

Na literatura são descritas até sete espécies deste gênero associada a antracnose da mangueira, *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *C. asianum* Prihastuti, L. Cai & K.D. Hyde, *C. fructicola* Prihastuti, L. Cai & K.D. Hyde, *C. tropicale* Rojas, Rehner & Samuels, *C. karstii* Y.L. Yang, Zuo Y. Liu, K.D. Hyde & L. Cai e *C. dianesei* Lima, Nelson B. associada à

antracnose na mangueira (LIMA *et al.*, 2013; TOZZE JÚNIOR *et al.*, 2015).

A antracnose no Brasil está amplamente disseminada em todas as regiões produtoras de manga, especialmente na região Nordeste, onde apresentam perdas relevantes (FISCHER *et al.*, 2009). Essa doença foi por muito tempo atribuída exclusivamente a *C. gloeosporioides*, no entanto, cinco espécies de *Colletotrichum* foram encontradas no nordeste do país causando antracnose e a identificação de *C. tropicale* sendo o primeiro relato de ocorrência desta espécie associada à essa doença na manga em todo mundo (LIMA *et al.*, 2013).

A aparência da manga é um dos principais fatores responsáveis por atrair os consumidores, por isso é de grande importância que os frutos cheguem ao seu consumidor final com boas características físicas e químicas. Portanto, a manga é um fruto frágil e pode estar infectada por diversos fitopatógenos como *C. gloeosporioides* Penz (GAYET, 1994).

A medida que a manga amadurece, os sintomas da doença se manifestam, com manchas escuras, um pouco deprimidas na epiderme da fruta, sendo comum a mancha de lágrima, que inicia a partir do pedúnculo, espalhando-se gradativamente pela superfície do fruto, marcando a disseminação pela água, ocorre a produção de massas de conídios com coloração alaranjada, podendo levar a uma podridão-mole, danificando e diminuindo a qualidade dos frutos e prejudicando a comercialização dos mesmos (TERAO *et al.*, 2013; FISCHER *et al.*, 2009).

3.3 Controle da antracnose da manga

A antracnose é uma das doenças mais frequentes e responsáveis pelas perdas em pós-colheita da manga, o que limitam a produção, reduz a qualidade do fruto e acarreta muitos prejuízos para as exportações do fruto (CIA *et al.*, 2007; BORGES *et al.*, 2016).

Um dos métodos utilizados em pós-colheita é a aplicação de um tratamento químico pré-colheita no controle da antracnose, reduzindo o nível de infecção do começo ao fim no período de crescimento dos frutos (JÚNIOR *et al.*, 2004).

Tendo em vista as perdas e prejuízos causados pela antracnose, medidas que impedem a infecção pelo fungo e o seu desenvolvimento na manga é de grande importância para a manutenção da qualidade e no prolongamento da vida de prateleira dos frutos durante o seu armazenamento. No tratamento pós-colheita, deve-se realizar a imersão dos frutos em tanques de água quente à temperatura de 55°C durante 5 minutos e nos pomares com grande infestação, adiciona-se ao tratamento térmico, a aplicação de produtos químicos (FILHO *et al.*, 2002). Assim, dentre os fungicidas registrados, a aplicação de thiabendazol e imazalil é método de

manejo em pós-colheita da manga mais utilizado (MAPA, 2021). No entanto, a sociedade tem buscado por produtos livres de agroquímicos e vários estudos vêm sendo realizados em busca da redução do uso exclusivo de produtos químicos (BETCHEM *et al.*, 2019). Com a exigência do mercado consumidor e da preocupação com a preservação do meio ambiente, métodos alternativos para o controle da antracnose em manga vêm sendo testados para que sejam eficientes e menos nocivos à saúde humana e ao equilíbrio de ecossistemas (THINH & KUNASAKDAKUL, 2013). A integração dos métodos de controle de doenças pós-colheita pode auxiliar na redução dos agroquímicos.

Assim, se torna necessário o estudo de métodos alternativos de controle que não deixa resíduos nos frutos, pois os países importadores possuem legislações específicas e rigorosa quanto à qualidade e resíduos de produtos químicos em alimentos (SAATH & FACHINELLO, 2018). O mercado internacional vem restringindo o limite máximo de resíduos (LMR), apresentando um monitoramento mais rigoroso à comercialização das frutas nacionais (TERAO *et al.*, 2013). Estudos propõem o uso de controles alternativos, que tenham eficiência, mas sem afetar o equilíbrio ecológico (FONSECA *et al.*, 2015).

3.3 Controle químico

No mercado brasileiro existem 95 produtos registrados no AGROFIT (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário) para o controle da antracnose na cultura da mangueira no campo e na pós-colheita (AGROFIT, 2022). Podem apresentar em sua formulação os princípios ativos azoxistrobina; tiofanato-metílico; oxicloreto de cobre; óxido cuproso; piraclostrobina; tebuconazol; hidróxido de cobre; mancozebe; tetraconazol; difenoconazol; imazalil; e tiabendazol, dentre esses fungicidas os dois últimos podem ser utilizados no tratamento pós-colheita dos frutos (BATISTA *et al.*, 2016). O recomendado na pós-colheita é fazer o tratamento químico e físico com o fungicida e hidrotérmico por imersão, com temperatura de 52 a 55°C, durante 5 minutos (BATISTA *et al.*, 2016).

Por ser uma das doenças mais frequentes e responsáveis pelos maiores prejuízos em pós-colheita de manga, o manejo da antracnose é indispensável, e o tratamento químico é o método mais utilizado (ASSUNÇÃO *et al.*, 2018). Porém, os fungicidas empregados nas áreas de produção da cultura, apresenta um amplo espectro de ação e com seu uso contínuo, pode favorecer a ocorrência de patógenos resistentes e provocam risco de contaminação ao ambiente e aos frutos (ABD-ALLA & HAGGAG, 2013; LEMOS *et al.*, 2013), aumentando o custo de

produção para os produtores, pelo aumento de aplicações e troca de produto por outro que seja mais eficaz. Muitos dos produtos convencionais foram avaliados e alguns já se apresentaram ineficientes no controle da antracnose (FISCHER *et al.*, 2012).

Devido ao aumento da exigência do mercado consumidor e da preocupação com a preservação do meio ambiente, pela elevada quantidade de resíduo deixada pela aplicação de produtos químicos, estudos de métodos alternativos para o controle vêm sendo estudados com o objetivo de encontrar um método eficiente, minimizando os danos causados pelo patógeno, mais também pouco nocivo à saúde humana e ao equilíbrio de ecossistemas, conseqüentemente garantir a segurança do produto (THINH & KUNASAKDAKUL, 2013).

3.4 Tratamento hidrotérmico

O tratamento hidrotérmico ou termoterapia ou hidroterapia tem como finalidade modificar as respostas do tecido, mantendo a qualidade do fruto durante o período de armazenamento, além de induzir a resistência aos danos externos e lesões na casca (RESENDE, 2016), como também interferir no desenvolvimento do patógeno, atuando assim como um elicitador físico na indução da resistência do fruto ao patógeno.

Esse método é utilizado há muitos anos, que vem despertando o interesse, pois é livre de resíduo e não confere risco à saúde humana e ao meio ambiente, podendo ser uma ferramenta alternativa do controle de doenças fúngicas em pós-colheita (PESSOA, 2007).

As melhores combinações de tempo e temperatura para cada espécie, contribuiu para a redução ou retardamento do crescimento de patógenos, pela ação de fechamento completo ou parcial de fraturas ou ferimentos das cutículas compreendidas como vias de entrada para os agentes patogênicos, sem causar distúrbios fisiológicos e alterações físicas e químicas nos frutos (BEN-YEHOSHUA & PORAT, 2005; BRITO *et al.*, 2008). São muitas formas de aplicação do tratamento térmico com eficiência, tradicionalmente, pode ser aplicado sob a forma de imersão em água quente, escovação em água quente, vapor ou ar aquecido (FALLIK, 2004; BEN-YEHOSHUA & PORAT, 2005).

As temperaturas elevadas vão atuar sobre a atividade celular do patógeno, pois a maioria dos microrganismos fitopatogênicos apresenta ponto térmico letal na faixa de 45 a 60°C (BRITO *et al.*, 2008). Essa temperatura pode inibir o patógeno e ativar as respostas de defesa do metabolismo secundário dos frutos (SILVA *et al.*, 2008). Desta forma, a sobrevivência do *C. gloeosporioides* torna-se inviável ou é dificultada pelas altas temperaturas, resultante da

desnaturação de proteínas e enzimas, importantes para o metabolismo celular, levando à lise celular (FRANCO & LANDGRAF, 2008).

O tratamento térmico envolve os princípios da terapia, no qual ocorre a interrupção da colonização em frutos já infectados, e erradicação, com a diminuição dos propágulos do patógeno antes da infecção, quando os conídios em infecções quiescentes estiverem nas primeiras camadas da casca do fruto e a temperatura na superfície do fruto quando submetido ao tratamento, pode matar o fungo (MARTINS & BLUM, 2014; CHÁVEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2013).

Estudos têm se concentrado em aprimorar esta eficácia no controle de doenças fúngicas em frutos pós-colheita, na combinação de duas ou mais formas de tratamentos, podendo incluir tratamentos químicos, refrigeração, radiação, óleos essenciais e extratos de plantas, diversos revestimentos e filmes (SISQUELLA *et al.*, 2013; PALOU *et al.*, 2009; CASALS *et al.*, 2010). A combinação de água quente e fungicidas tem sido usado, assim, um método é suplementado pelo outro, apresentando melhores resultados no controle da antracnose (MAPA, 2022).

No entanto, o uso inadequado da temperatura no tratamento hidrotérmico, causando injúria hipertérmica, como colapso da polpa, perda de sabor e escurecimento da casca (LIMA *et al.*, 2007). A qualidade dos frutos pode ainda ser afetada pelo metabolismo dos açúcares, produção de etileno, danos causados a epiderme, aumentando a sensibilidade à contaminação por patógenos (BARKAI-GOLAN & PHILLIPS, 1991).

3.5 Ozônio

O gás ozônio (O₃) foi descoberto pelo químico suíço Christian Friedrich Schönbein em meados do século XIX (COELHO *et al.* (2015). É um gás, incolor, nas condições atmosféricas relativamente instável em solução aquoso e possui um tempo de meia vida curto de 20 min, à temperatura de 20 °C, é parcialmente solúvel em água, e aumenta a sua solubilidade à medida que a temperatura decresce (KIM *et al.*, 1999; WYSOK *et al.*, 2006).

O ozônio é o segundo agente oxidante mais poderoso (RUSSEL *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2011), esse alto poder de oxidação lhe permite uma elevada capacidade de desinfecção e esterilização permitindo assim, que a ação sanitizante possa acontecer em menor tempo de contato e concentração (SILVA *et al.*, 2011).

Os processos de desinfecção do ozônio ocorrem via molecular e os de oxidação podem ocorrer tanto por meio do ozônio molecular, que é via direta em meio ácido, como dos radicais

hidroxila, via indireta em meio alcalino (ALMEIDA *et al.*, 2004; DI BERNADO & DANTAS, 2005; SILVA *et al.*, 2011), podendo a reação indireta capaz de promover ataques de compostos orgânicos (VELOSO, 2015). E por apresentar rápida decomposição ao oxigênio e por não deixar resíduos, a sua aplicação no processamento de alimentos é permitido pela certificação orgânica (SELMA *et al.*, 2008). Porém, de acordo com estudos de Di Bernado & Dantas (2005) a ozonização da água vai depender de diversos fatores, tais como: cinética de decomposição em meio aquoso, teor de matéria orgânica na água, temperatura da água e o pH do meio.

Em relação aos níveis de referência para exposição humana ao ozônio de acordo com o Ministério do Trabalho do Brasil é de no máximo de 0,08 ppm, com tempo de exposição de 48 horas semanais (FREITAS-SILVA *et al.*, 2013). O modo de aplicação do ozônio, pode ser feito por fumigação ou imersão em água ozonizada, é necessário levar em consideração o binômio tempo x concentração diante da exposição do produto a ser tratado (COELHO *et al.* 2015).

O ozônio além de apresentar atividade antimicrobiana contra uma vasta gama de *Colletotrichum*, também pode destruir resíduos químicos (RODGERS *et al.*, 2004). Segundo Alexandre *et al.* (2012), a utilização de água ozonizada na concentração de 0,3 ppm para sanitização de morangos foi um dos tratamentos mais eficientes no controle do crescimento da contaminação de mesófilos totais, leveduras e bolores, com melhor retenção de cor em morangos armazenados durante 14 dias a 4 °C. Em mamão, a redução da antracnose ocorreu por meio da degradação mitocondrial de esporos de *C. gloeosporioides* pelo ozônio (ONG & ALI, 2015).

A diminuição de *C. musae* em bananas cv Nanicão na concentração de 0,36 mg L⁻¹ ozônio aquoso por 10, 20 e 30 minutos foi observada por Alencar *et al.* (2013), em que o tratamento com ozônio aquoso foi mais eficiente que o gasoso, não apenas na redução do fungo como também na conservação das características pós-colheita dos frutos.

Tem relatos da eficácia do processo de ozonização sozinho, mas pode ser associado a outros métodos para o controle de algumas espécies de fungos, como o uso do ozônio e termoterapia (COELHO *et al.* 2015). Kechinski *et al.* (2012) estudaram o uso do ozônio em mamão e não observaram, ao associar o uso de ozônio aquoso na concentração de 4 ppm à termoterapia em mamão “Golden”, alteração da superfície cuticular do fruto nem formação de cristais, porém houve redução dos fungos causadores de podridões pedunculares. Entretanto, para que esta substituição ocorra de forma segura, do ponto de vista microbiológico, econômico e de saúde, são necessários estudos adicionais.

Na região norte de Minas, produtores tem utilizado o ozônio no controle de doenças pós-colheita da manga. Porém, os resultados são inconsistentes e obtidos de maneira empírica.

Visando obter mais informações nessa área, o trabalho teve por objetivo avaliar a sanitização de manga 'Palmer', com água ozonizada ou não, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida no controle da antracnose e nas características físicas e químicas dos frutos tratados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do isolado de *Colletotrichum gloeosporioides*

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Patologia Pós-colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros, *campus* Janaúba, MG.

O isolado de *C. gloeosporioides* foi obtido de frutos com sintomas característicos de antracnose coletados em áreas de cultivo comercial no município de Janaúba-MG, utilizando a técnica do isolamento indireto (ALFENAS *et al.*, 2013). Para a identificação utilizou-se as formas de apressórios para classificação: 1. Lobados; 2. Levemente lobados; 3. Arredondados (ADAPTADO DE COX & IRWIN, 1988; SUTTON, 1980). O formato de conídios (SUTTON, 1992) e a escala proposta por Tozze Júnior (2007).

4.2 Intensidade de antracnose em manga ‘Palmer’

Para a avaliação da intensidade de antracnose, mangas da cultivar Palmer no estágio fisiológico de maturação 3 (cor da polpa mais verde que amarelo) (PROTRADE, 1992), foram obtidas de pomar comercial no município de Janaúba e encaminhadas ao Laboratório de Patologia pós colheita de frutos, onde foi realizada a seleção e lavagem dos frutos somente com água de torneira (para não ocorrer interferência na inoculação do *C. gloeosporioides*) e posterior secagem sobre a bancada. A seguir foram inoculados com *C. gloeosporioides* por meio da atomização de uma suspensão de conídios na concentração de $1,0 \times 10^5$ esporos.mL⁻¹ até atingir o ponto de escorrimento. As mangas inoculadas foram submetidas à câmara úmida (UR 98%) por 24 horas. A seguir foram submetidas aos seguintes tratamentos: água ozonizada, hidrotérmico, fungicida, água ozonizada + hidrotérmico, água ozonizada + fungicida, hidrotérmico + fungicida, água ozonizada + hidrotérmico + fungicida, controle (frutos inoculados / sem tratamentos).

Imediatamente após a produção da água ozonizada em aparelho ozonizador Deep Clean O₃ line, os frutos foram imersos por 15 minutos na água com residual de 1 ppm por 1 mL/L e potencial hidrogeniônico (pH) de 6,47 (MARTÍNEZ *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2017).

Para a realização do tratamento hidrotérmico, os frutos foram imersos em um aparelho banho-maria com água aquecida a 55 °C por cinco minutos. Em seguida, foram colocados em baldes plásticos contendo água em temperatura ambiente a 25 °C, por dois minutos para o resfriamento dos frutos (LIMA *et al.*, 2007).

O tratamento com fungicida foi realizado pela imersão dos frutos em calda de fungicida imazalil, preparada na dose de 200 mL.100 L⁻¹ de água, com tempo de imersão de 2 minutos.

Os frutos foram acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e dispostos sobre bancada, com temperatura de 25 °C e 95±5% UR por 15 dias. As avaliações de intensidade (incidência e severidade) de doença foram realizadas aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos, com quatro repetições, contendo dois frutos em cada repetição.

A incidência foi obtida pelo número de frutos sintomáticos por repetição, sendo estes valores expressos em porcentagem por tratamento. A severidade foi avaliada com escala diagramática específica para a antracnose em mangas desenvolvida por Brodrick (1978), baseada na porcentagem da área com lesão no fruto com notas que varia de 1 a 5, sendo nota 1: <1% (sem doença); nota 2: 1–5% (doença leve); nota 3: 6–9% (doença moderada); nota 4: 10–49% (doença severa) e nota 5: 50-100% (doença muito severa) da área afetada por lesões de antracnose. Os resultados foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) (SHANER & FINNEY, 1977).

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-knott a 5 % de probabilidade. Para o processamento da análise dos dados foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

4.3 Características físicas e químicas da manga ‘Palmer’

A avaliação das características físicas e químicas dos frutos foi realizada no Laboratório Pós-colheita de Frutos e Hortaliças. As mangas da cultivar Palmer no estágio fisiológico de maturação 3 com a cor da polpa mais verde que amarelo (PROTRADE, 1992), foram selecionadas e lavadas em água e detergente neutro a 0,2 %. A seguir, os frutos, depois de secos foram submetidos aos mesmo tratamento da intensidade de antracnose conforme descrito anteriormente. Porém, o controle foi constituído por frutos sem inoculação/sem tratamento.

Os frutos foram armazenados em câmara de frigoconservação à 13 °C e 95±5% UR, durante 28 dias. As avaliações das características físicas e químicas dos frutos foram realizadas a intervalos de sete dias (0, 7, 14, 21 e 28 dias). O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 8 x 5 (oito tratamentos e cinco dias de avaliações), com quatro repetição, contendo dois frutos cada repetição.

A firmeza dos frutos com casca foi determinada com auxílio de texturômetro digital. As medições foram realizadas na região mediana do fruto, sendo determinada pela força de penetração, com ponteira de 8 mm de diâmetro. Os resultados foram expressos em Newton (N).

A análise de coloração da casca e da polpa foi realizada por meio de um colorímetro Color Flex 45/0 (2200), stdzMode:45/0 com leitura direta de reflectância das coordenadas L* (luminosidade) a* (tonalidade vermelha ou verde) e b* (tonalidade amarela ou azul), do sistema Hunterlab Universal Software. A partir dos valores de L*, a* e b*, calculou-se o ângulo hue (°h*) e o índice de saturação cromática (C*). Para cada repetição foi utilizada a média de três mensurações por fruto.

A perda de massa fresca dos frutos foi determinada pela diferença de massa do fruto acumulada durante a evolução do experimento, considerando-se a diferença entre a massa inicial do fruto e aquela obtida em cada período de amostragem, com auxílio de uma balança analítica digital sendo o resultado expresso em porcentagem.

O teor dos sólidos solúveis foi determinado com o auxílio de um refratômetro de bancada óptico, com leitura na faixa de 0 a 95°Brix e o resultado foi expresso em °Brix (IAL, 2008). A acidez titulável foi obtida por titulometria, utilizando 10g de polpa diluída em 90 mL de água destilada. A titulação foi feita com solução de NaOH a 0,1 N, utilizando como indicador a fenolftaleína e o resultado expresso em gramas de ácido cítrico por 100 g de amostra (IAL, 2008).

O potencial hidrogeniônico (pH), foi determinado por imersão direta em peagâmetro, previamente calibrado com soluções pH 4,0 e 7,0 (IAL, 2008). A relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) foi calculada pela razão entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância, as medias comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Para o fator dias de armazenamento foi utilizado a regressão ao nível de 5 % de significância. As análises foram realizadas empregando-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Intensidade de antracnose em manga ‘Palmer’

As variáveis, área abaixo da curva de progresso da incidência da antracnose (AACPI) e da severidade da antracnose (AACPS) foram influenciadas ($p < 0,05$) pelos tratamentos estudados (Tabela 1).

O tratamento hidrotérmico e a combinação dos tratamentos: água ozonizada + hidrotérmico, água ozonizada + hidrotérmico + fungicida e hidrotérmico + fungicida mostraram eficientes no controle da incidência do fungo. No entanto, o tratamento somente com água ozonizada e fungicida, não reduziram a incidência, com valores semelhantes aos resultados apresentados pelo controle de acordo com os dados apresentados na AACPI (Tabela 1).

Os tratamentos: hidrotérmico, água ozonizada + hidrotérmico, água ozonizada + fungicida, hidrotérmico + fungicida e água ozonizada + hidrotérmico + fungicida, indicou que o tratamento hidrotérmico e a combinação de fungicida e água ozonizada reduziram a severidade da antracnose em manga ‘Palmer’ em relação a testemunha. O fungicida e água ozonizada não reduziram a AACPS da antracnose em relação a testemunha. (Tabela 1).

Tabela 1. Área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e severidade (AACPS) da antracnose em mangas ‘Palmer’ submetidas à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicidas, armazenadas a $25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

Tratamentos	AACPI	AACPS
Água ozonizada+Hidrotérmico+Fungicida	0,00 a	0,00 a
Água ozonizada+Hidrotérmico	0,00 a	0,00 a
Hidrotérmico+Fungicida	75,00 a	0,94 a
Hidrotérmico	187,50 a	4,13 a
Água ozonizada+Fungicida	375,00 b	9,38 a
Fungicida	600,00 c	18,38 b
Água ozonizada	750,00 c	35,44 b
Controle	618,75 c	35,25 b
CV (%)	45,19	52,85

Médias seguidas por mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Valores apresentados originais. Para análise os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$

O tratamento hidrotérmico aplicado isoladamente ou em combinação com a ozônio e fungicida demonstraram eficiência na redução da incidência e severidade da antracnose em manga, sendo melhores que o fungicida e água ozonizada no controle da doença. Esse fato pode ser explicado pela ação do tratamento hidrotérmico, resultando na desnaturação de proteínas e enzimas, diminuição da viabilidade dos conídios fúngicos, o grau de infestação, podendo erradicar ou enfraquecer o patógeno, não descartando a possibilidade de um efeito combinado de indução de resistência nos frutos (CABRERA & DOMÍNGUEZ, 1998),

Nascimento *et al.* (2014) estudaram o tratamento hidrotérmico no controle de patógenos de manga e relataram que a sensibilidade de *C. gloeosporioides* ocorre a partir de 50 °C, reduzindo entre 92 e 97% os conídios, sendo as temperaturas entre 55 e 58 °C as mais eficazes, com controle próximo de 100%. O tratamento hidrotérmico controla a antracnose desde que as infecções estejam nas primeiras camadas da epiderme, por situar na superfície, os conídios e hifas de *Colletotrichum* apresentam-se suscetíveis a temperatura de 55 e 58 °C, causando a morte do fungo (CHÁVEZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2013; FISCHER *et al.*, 2016).

Trabalhando com água ozonizada para o tratamento em pós-colheita de mamão, em combinação com tratamento hidrotérmico e aplicação de cera de carnaúba, Kechinschi *et al.* (2012) concluíram que a água ozonizada não foi capaz de controlar o surgimento e o desenvolvimento de antracnose, somente em tratamentos combinados, como a água ozonizada e tratamento hidrotérmico, foi observada efetividade na desinfecção dos frutos.

Colletotrichum contamina os frutos ainda no campo, penetrando através da cutícula e permanecendo em estado quiescente até o surgimento de condições adequadas para o seu desenvolvimento e assim manifestar sintomas visíveis no fruto (KUO *et al.*, 1999). Assim, para realizar o controle de *Colletotrichum* é indispensável atingir o patógeno abaixo da cutícula da manga. O ozônio seria uma estratégia de atingir o contato com a cutícula, alcançando o micélio do fungo. Porém, apenas a água ozonizada não foi capaz de controlar a antracnose, o que pode ser explicado pela perda do poder de oxidação do ozônio nas membranas celulares (PASCUAL *et al.*, 2007). Em nosso estudo, outro fator que pode explicar em parte baixa eficiência do tratamento com ozônio é a concentração e o tempo de exposição dos frutos. Martínez *et al.* (2002) realizou o tratamento de mangas da cultivar Haden com ozônio na concentração de 2,2 mg L⁻¹, por 15 minutos de imersão e verificou controle de *C. gloeosporioides* nos frutos.

A perda do poder de oxidação, pode ser ocasionada por alguns fatores que afetam seu efeito, como a cinética de decomposição em meio aquoso, o teor de matéria orgânica na água, temperatura da água e o pH do meio, pois quando há uma variação representativa no pH do

meio, relacionam-se com mudanças na taxa de decomposição do ozônio (KIM, 1999; DI BERNADO & DANTA, 2005).

O aumento da incidência e severidade da antracnose, pode ser devido à alta umidade nos frutos e a temperatura adequada ao desenvolvimento do fungo. As mangas foram imersas em água e secas naturalmente, porém a secagem não foi suficiente para evitar a presença de umidade nos frutos, juntamente com a temperatura favorável proporcionou o desenvolvimento da antracnose na manga.

A imersão em fungicida quando aplicado isoladamente teve baixa eficiência no controle da antracnose (incidência e a severidade) no fruto, em comparação com o controle. Mas quando combinado com água ozonizada reduziu a área de tecidos dos frutos colonizados pelo fungo, porém, não apresentou controle significativo na redução de frutos sintomáticos. Quando combinado ao tratamento hidrotérmico, observou-se redução da antracnose. Resultados semelhantes aos deste trabalho foram descritos por Silva *et al.* (2021), avaliando o efeito da quitosana e compostos fenólicos no controle da antracnose da manga, verificaram que o imazalil apresentou elevados níveis de incidência e severidade da doença. Segundo Cunha *et al.* (1993), o tratamento térmico pela imersão dos frutos em água quente ($54\pm 1^\circ\text{C}$) combinada com fungicida é mais eficiente que o fungicida isoladamente.

5.2 Características físicas e químicas da manga ‘Palmer’

Houve interação significativa entre os fatores estudados, dias de armazenamento e tratamentos aplicados, para as variáveis cromaticidade da casca, acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável. As variáveis firmeza, perda de massa fresca, cromaticidade da polpa, sólidos solúveis e pH apresentaram efeito significativo para os dias de armazenamento. Já para o ângulo Hue da polpa, luminosidade da casca e polpa houve efeito significativo do fator tratamentos. O ângulo Hue da casca não foi afetado pelos fatores individuais.

Ao analisar a firmeza dos frutos, verificou-se que não houve interferência da água ozonizada e dos demais tratamentos (Figura 1). Monaco (2016) relatou que o ozônio é um sanitizante que não afeta essa característica de qualidade, mesmo que seja um agente oxidante.

Observa-se que os maiores valores de firmeza foram obtidos nos primeiros dias de armazenamento, do dia da colheita até o 8º dia de armazenamento, correspondendo ao valor máximo de 79,26. Após esse período houve um declínio dos valores independente dos tratamentos em função do período de armazenamento variando de 72,33 N para o início e 31,26

N no último dia de armazenamento, indicando um amaciamento. Possivelmente, os maiores valores de firmeza nos primeiros dias de armazenamento podem ser pelo estágio de maturação dos frutos. No entanto, com o passar dos dias, os frutos tendem ao seu amadurecimento, diminuindo a firmeza, reduzindo consideravelmente à medida que os frutos alcançaram a maturação nos últimos dias de armazenamento.

Durante o armazenamento, os frutos tendem a diminuir sua firmeza, apresentando um amolecimento da polpa, consequência da degradação do amido, da pectina e celulose por enzimas como a pectinametilesterase, poligalacturonase e celulase que hidrolisaram componentes, degradando a parede celular durante a maturação (LI *et al.*, 2014).

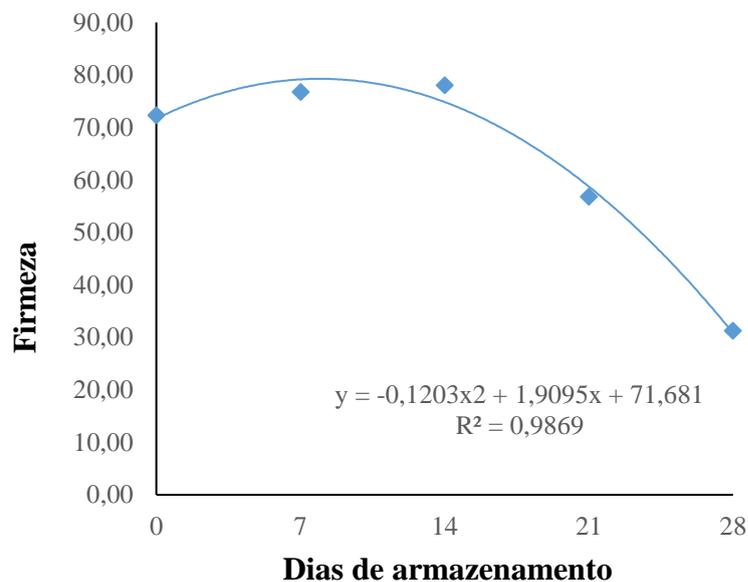


Figura 1. Firmeza da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, associada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

Em relação às variáveis que descrevem a coloração, houve interação significativa entre os fatores estudados apenas para a cromaticidade da casca, para a luminosidade da casca e polpa foi significativo apenas para os tratamentos, já o ângulo hue da polpa e cromaticidade da polpa foram significativos somente os dias de armazenamento.

Ângulo Hue (h°) é considerado o atributo qualitativo de cor e graficamente, segundo o sistema CIE $L^* a^* b^*$, considera-se o ângulo 0° como a cor vermelha, o ângulo de 90° , amarelo, o ângulo de 180° , verde, e o ângulo de 270° , azul (PATHARE *et al.*, 2013; FERREIRA & SPRICIGO, 2017). Para variável o ângulo hue da casca, a coloração da casca amarela-avermelhada foi mantida até o último dia de armazenamento, não sofrendo influência dos

tratamentos aplicados e dias de armazenamento (Tabela 2). A média dos valores do ângulo hue da casca foi de 89, a coloração foi mantida provavelmente devido a refrigeração.

Tabela 2. Médias do ângulo hue da casca de manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a 13°C ± 1°C e 95 ± 5,0% de UR.

Tratamentos	Médias
Água ozonizada	89,50
Hidrotérmico	89,75
Fungicida	89,47
Água ozonizada+Hidrotérmico	89,68
Água ozonizada+Fungicida	89,55
Hidrotérmico+Fungicida	89,63
Água ozonizada+Hidrotérmico+Fungicida	89,56
Controle	89,48
CV (%)	0.36

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo de tukey.

A coloração é um importante atributo de qualidade, já que a maioria dos frutos sofrem mudanças na cor ao decorrer do amadurecimento, principalmente na casca durante esse processo, sendo a mesma, importante para a determinação do estágio de maturação, quanto na atração ao consumidor (MOTTA *et al.*, 2015). Em manga, a coloração da casca tem uma ampla variação de mistura de cores, ou seja, do verde para o amarelo e do vermelho para o violeta (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Com relação ao ângulo hue da polpa, nota-se que ocorreu um efeito linear decrescente durante o período de armazenamento, nos primeiros dias de armazenamento as mangas apresentavam com uma coloração da polpa amarelada, no final das avaliações a polpa estava com uma coloração um pouco mais amarelo-alaranjado (Figura 2).

Diminuição do ângulo hue da polpa também foi observada por Serpa *et al.* (2014), em manga ‘Palmer’ passando de 102,04° para 89,06°, tornando-se, portanto, mais amarela durante o armazenamento, essa redução está relacionada ao amadurecimento dos frutos, que no último dia de avaliação apresentavam coloração amarelo-alaranjado.

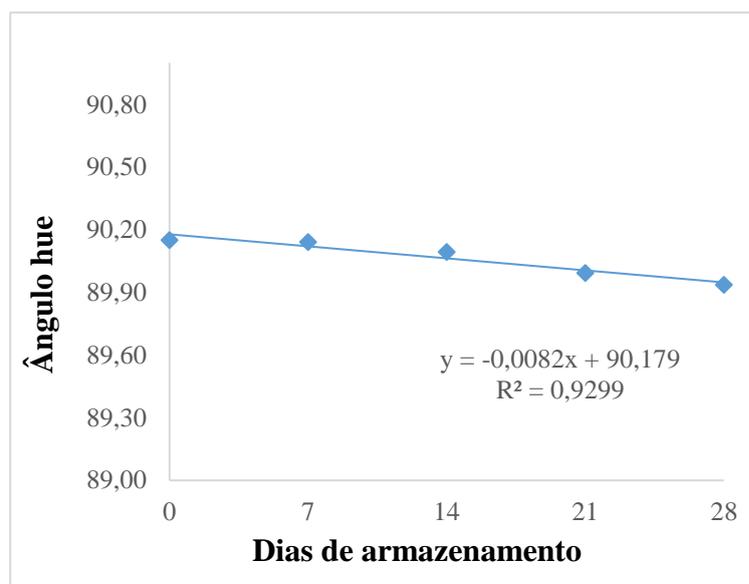


Figura 2. Ângulo hue da polpa de manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

A cor da polpa da manga evolui de uma tonalidade branco esverdeada para amarela ou laranja durante a maturação em todas as cultivares (BRECHT *et al.*, 2010). De acordo com Silva (2019), valores de ângulo hue acima de 100° relacionam-se com a coloração verde e à medida que esses valores vão diminuindo e se aproximando de 70° a cor torna-se mais alaranjada.

Durante a maturação do fruto, ocorrem modificações na coloração da casca e polpa da manga, resultado da degradação da clorofila e síntese de carotenoides correlacionados com a taxa de respiração e a produção de etileno (ZERBINI *et al.*, 2015).

Em estudos com ozônio em morangos, Nadas *et al.* (2003) observaram que os morangos ‘Camarosa’ armazenamento a $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 3 dias, em atmosfera enriquecida com 1,5 ppm de ozônio, não apresentaram diferenças significativas de cor em relação ao grupo controle.

Para a variável luminosidade da casca, não houve interação significativa entre os fatores estudados, dias de armazenamento e embalagens. Nota-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, os frutos apresentaram uma coloração alaranjada avermelhada brilhante e intensa (Tabela 3), o que indica que os tratamentos com água ozonizada não afetaram o brilho do fruto.

Tabela 3. Luminosidade da casca de manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a 13 °C ± 1 °C e 95 ± 5,0% de UR.

Tratamentos	Médias
Água ozonizada	38,96 a
Hidrotérmico	38,99 a
Fungicida	39,14 a
Água ozonizada+Hidrotérmico	39,46 a
Água ozonizada+Fungicida	39,77 a
Hidrotérmico+ Fungicida	40,30 a
Água ozonizada+Hidrotérmico+Fungicida	41,83 a
Controle	42,12 a
CV (%)	8.14

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo de tukey.

Já para a luminosidade da polpa ocorreu diferenças entre os tratamentos aplicados, em que a sanitização apresentou menor média 79,03 diferindo do tratamento com fungicida e do controle, indicando que os frutos tratados com fungicidas e o controle apresentaram uma coloração da polpa alaranjada mais brilhante e intensa do que os frutos que foram tratados com a água ozonizada, possivelmente estavam mais maduros. A luminosidade da casca e da polpa é um dos parâmetros importantes para a qualidade, pois um fruto mais brilhante é consequentemente mais fresco e mais atraente ao consumidor. Segundo a escala CIELAB de cores, o brilho ou a luminosidade podem ser mensurados pela coordenada L*, que varia de preto a branco, em uma escala de 0 a 100.

Tabela 4. Luminosidade da polpa de manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas à 13 °C ± 1 °C e 95 ± 5,0% de UR.

Tratamentos	Médias
Água ozonizada	79,03 a
Hidrotérmico	79,66 a b
Fungicida	81,14 b
Água ozonizada+Hidrotérmico	80,30 a b
Água ozonizada+Fungicida	80,08 a b
Hidrotérmico+Fungicida	79,75 a b
Água ozonizada+Hidrotérmico+Fungicida	80,15 a b
Controle	81,14 b
CV (%)	2.32

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo de tukey.

Para a variável cromaticidade da casca, houve um aumento nos valores, com o passar dos dias de armazenamento (figura 3), para os frutos de todos os tratamentos. No entanto, o tratamento hidrotérmico e o hidrotérmico + fungicida apresentaram um decréscimo no final dos dias de armazenamento. A água ozonizada não diminuiu a intensidade da cor dos frutos durante o período de armazenamento.

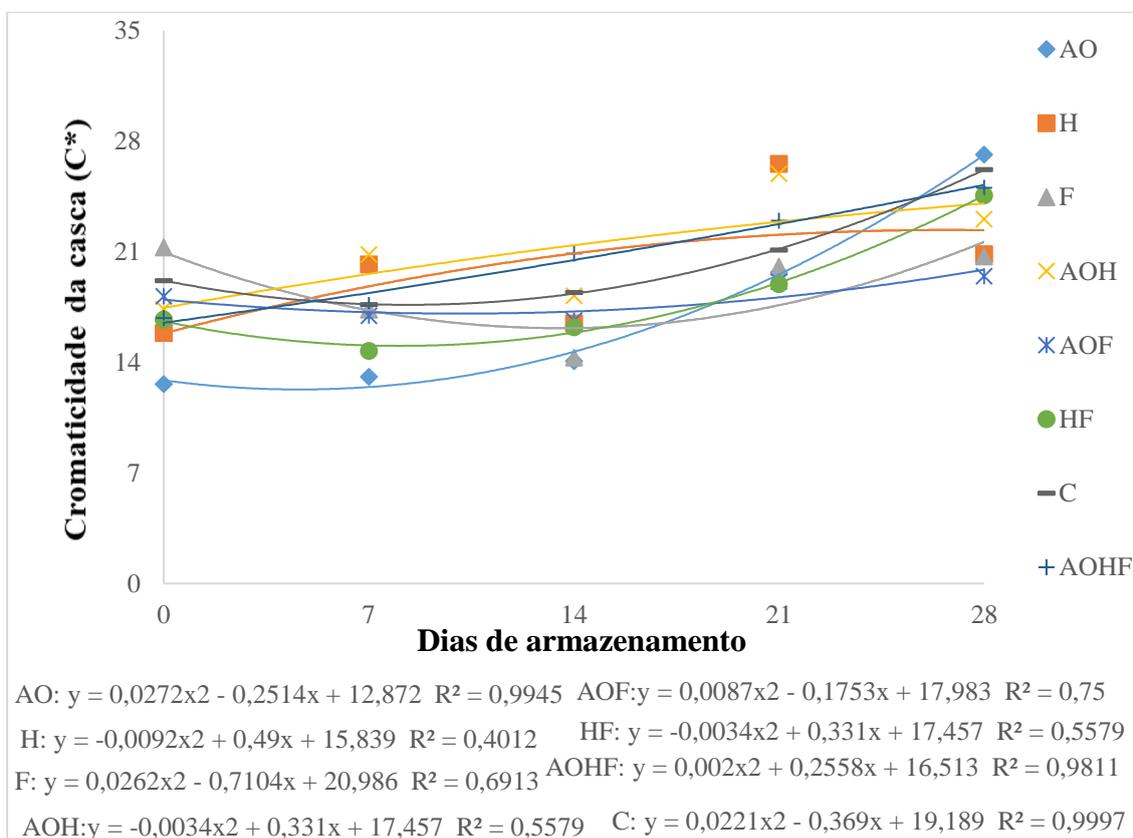


Figura 3. Cromaticidade da casca de manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

Na tabela 5, houve diferença estatística entre os tratamentos com água ozonizada e fungicida no dia 0 de armazenamento, no entanto os dois tratamentos não diferiram estatisticamente dos demais. Os frutos tratados com água ozonizada apresentaram a cor da casca menos intensa, ou seja, menos brilhantes. Com o decorrer dos dias de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados. Possivelmente, a diferença dos valores no primeiro dia de avaliação pode ser pela aplicação do tratamento ou variação de maturação dos frutos.

Tabela 5. Cromaticidade da casca de manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a 13 °C ± 1 °C e 95 ± 5,0% de UR.

Tratamento	Dias de armazenamento				
	0	7	14	21	28
Água ozonizada	12,64 a	13,10 a	14,09 a	19,71 a	27,17 a
Hidrotérmico	15,87 a b	20,23 a	16,48 a	26,59 a	20,87 a
Fungicida	21,28 b	17,34 a	14,31 a	20,08 a	20,73 a
Água ozonizada+Hidrotérmico	17,38 a b	20,83 a	18,23 a	25,95 a	23,08 a
Água ozonizada+Fungicida	18,19 a b	16,95 a	16,65 a	19,13 a	19,47 a
Hidrotérmico+Fungicida	16,72 a b	14,73 a	18,23 a	18,96 a	24,57 a
Água ozonizada+Hidrotérmico+Fungicida	16,83 a b	17,64 a	20,89 a	22,99 a	25,07 a
Controle	19,19 a b	17,66 a	18,44 a	21,12 a	26,23 a
CV (%)					20,21

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo de tukey.

Para a cromaticidade da polpa, os menores valores foram encontrados nos primeiros dias de armazenamento e logo após houve um aumento nos valores durante os dias de armazenamento, independente dos tratamentos aplicados, indicando que os frutos no final do armazenamento apresentavam-se com a coloração da polpa alaranjada mais intensa e brilhante, devido ao amadurecimento dos frutos (Figura 4). Os menores valores de cromaticidade da polpa, apresentados nos primeiros dias de armazenamento, indica que os frutos estavam mais verdes nesse período. No entanto, com o decorrer dos dias, os frutos tendem ao seu amadurecimento, aumentando a cromaticidade da polpa. Os maiores valores de firmeza até o 8º dia de armazenamento comprovam, que os frutos se apresentavam mais verdes nos primeiros dias.

A cromaticidade do fruto está relacionada com a saturação das cores, quanto maior o croma maior será sua saturação, mais brilhantes os frutos vão apresentar na percepção humana e quanto menor o croma menor a saturação, menor o seu brilho (PATHARE *et al.*, 2013; SHEWFELT *et al.*, 1988). A cromaticidade é representado pela hipotenusa de um triângulo retângulo criado pela união dos pontos (0, 0), (a *, b *), e (a * 0) (MCGUIRE, 1992).

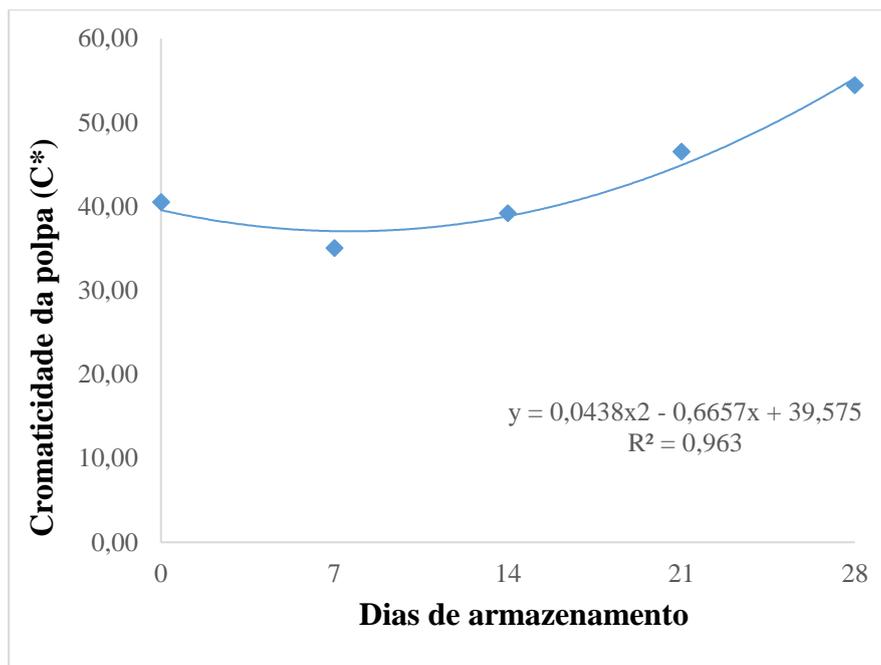


Figura 4. Cromaticidade da polpa de manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a 13 °C ± 1 °C e 95 ± 5,0% de UR.

Durante os dias de armazenamento, os frutos tenderam ao processo de maturação, acarretando aumento nos valores de croma o que faz com ocorra maior saturação das cores perceptíveis aos humanos (FERREIRA & SPRICIGO, 2017).

Em relação à variável perda de massa fresca, ocorreu um aumento ao decorrer do período de armazenamento para todos os tratamentos até o 19º dia, apresentando valor máximo de 2,29%. Esse aumento, é resposta, dos frutos tenderem a apresentar trocas gasosas e, conseqüentemente, a perda de água para o ambiente, causando murchamento (Figura 5). Após esse período, os valores tiveram um pequeno decréscimo até o 28º dia de armazenamento. Esse aumento, é pela perda de água para o ambiente, consequência, dos frutos tenderem a apresentar trocas gasosas.

Pode-se afirmar que a perda de massa fresca está relacionada às reações metabólicas que ocorrem nos frutos, como a respiração e a transpiração, que acarretam assim na perda de água (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Uma perda de massa acima de 5% é suficiente para depreciar a qualidade dos frutos e hortaliças (CARVALHO & LIMA, 2008). Para minimizar perdas de massa fresca, usa-se baixa temperatura durante o armazenamento associada a outras técnicas pós-colheita, como atmosfera modificada.

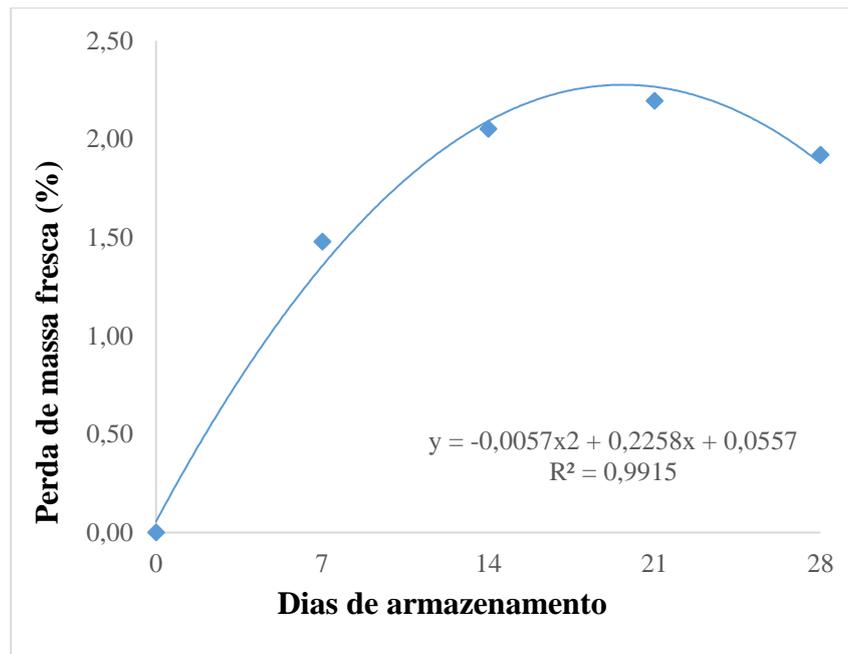


Figura 5. Perda de massa fresca (%) da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a 13 °C ± 1 °C e 95 ± 5,0% de UR.

Ao analisar os teores de sólidos solúveis, a água ozonizada não causou alterações. Verificou-se um efeito linear e crescente durante os dias de armazenamento, independente dos tratamentos aplicados, correspondendo ao início do amadurecimento dos frutos (Figura 6). Isso indica que as concentrações de sólidos solúveis, constituídos basicamente de açúcares, aumentam com a maturação do fruto, devido à degradação do amido pela ação das enzimas α -amilase e β -amilase (CISSÉ *et al.*, 2015). Resultados semelhantes também foram observados no final do armazenamento de manga ‘Palmer’ por Monarco *et al.* (2014), estudando o efeito de água ozonizada em compostos antioxidantes de polpa e casca de manga, armazenados a 15 °C ± 1C e 85% ± 5% de UR num total de 11 dias após a colheita. O valor de sólidos solúveis varia de acordo com o cultivar da manga, sendo que em ‘Palmer’ podem ser encontrados valores entre 12 a 18,1 °Brix (BATISTA *et al.*, 2015).

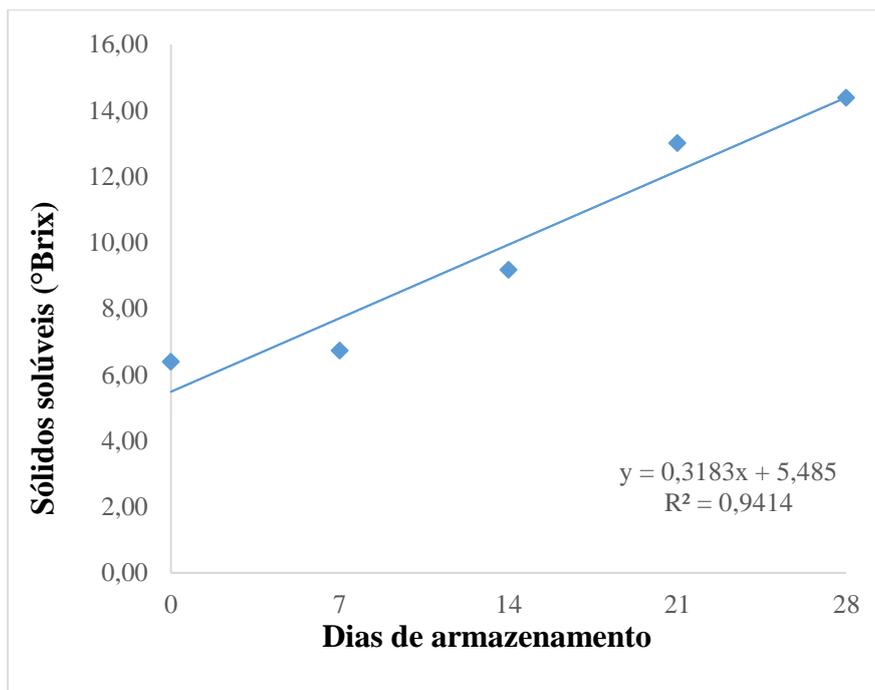
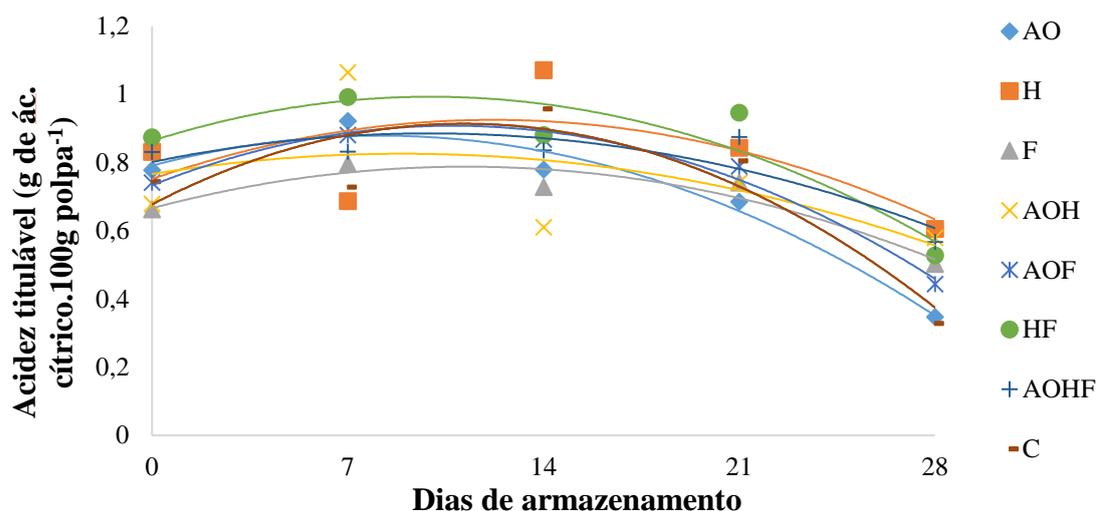


Figura 6. Teor de sólidos solúveis (°Brix) da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinado ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

Para a acidez titulável, todos os tratamentos apresentaram elevação nos valores durante os primeiros dias de armazenamento, seguido de uma redução até o último dia de armazenamento, comportamento observado em todos os tratamentos (Figura 7). Esse comportamento já era esperado, pois geralmente o teor de ácidos orgânicos tende a ser maior no início do estágio de amadurecimento e decrescem durante a maturação. Essa tendência de diminuição da acidez com armazenamento, pode ser atribuído ao processo respiratório (ALI *et al.*, 2014).

O tratamento com água ozonizada e o controle, apresentaram menor acidez ao final do período de armazenamento, correspondendo ao maior consumo dos ácidos orgânicos. Provavelmente, isso está associado às principais reações metabólicas que envolvem a respiração, o amadurecimento e a senescência dos frutos, indicando que esses frutos estavam um pouco mais maduros que os frutos dos demais tratamentos.



AO: $y = -0,0013x^2 + 0,0217x + 0,7909$ $R^2 = 0,969$ HF: $y = -0,0013x^2 + 0,026x + 0,8636$ $R^2 = 0,8308$
H: $y = -0,0012x^2 + 0,0284x + 0,7516$ $R^2 = 0,4293$ AOF: $y = -0,0015x^2 + 0,0324x + 0,7334$ $R^2 = 0,9801$
F: $y = -0,001x^2 + 0,0217x + 0,666$ $R^2 = 0,8901$ AOHF: $y = -0,0009x^2 + 0,0169x + 0,8014$ $R^2 = 0,7637$
AOH: $y = -0,0007x^2 + 0,0133x + 0,766$ $R^2 = 0,3017$ C: $y = -0,0019x^2 + 0,0424x + 0,6773$ $R^2 = 0,8201$

Figura 7. Acidez titulável da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

Houve tendência para a acidez titulável no 7º e 14º dia de armazenamento (Tabela 6), onde os tratamentos hidrotérmico e água ozonizada + hidrotérmico se diferiu estatisticamente entre si no 7º dia, mas não apresentaram diferenças estatísticas dos demais tratamentos, no qual a água ozonizada + hidrotérmico apresentaram o maior valor. No 14º dia, o hidrotérmico apresentou maiores valores de acidez titulável, diferindo dos tratamentos fungicidas e sanitização + hidrotérmico, indicando que esses frutos estavam mais ácidos, possivelmente nesse dia esses frutos apresentavam-se mais verdes.

Tabela 6. Acidez titulável da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinado ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

Tratamento	Dias de armazenamento				
	0	7	14	21	28
Água ozonizada	0,78 a	0,92 a b	0,80 a b c	0,68 a	0,35 a
Hidrotérmico	0,83 a	0,69 a	1,07 c	0,84 a	0,60 a
Fungicida	0,66 a	0,80 a b	0,73 a b	0,74 a	0,50 a
Água ozonizada+Hidrotérmico	0,68 a	1,06 b	0,61 a	0,74 a	0,58 a
Água ozonizada+Fungicida	0,74 a	0,88 a b	0,87 a b c	0,79 a	0,44 a
Hidrotérmico+Fungicida	0,87 a	0,99 a b	0,88 a b c	0,95 a	0,53 a
Água ozonizada+Hidrotérmico+Fungicida	0,83 a	0,83 a b	0,84 a b c	0,88 a	0,57 a
Controle	0,74 a	0,73 a b	0,96 b c	0,80 a	0,33 a
CV (%)					20.79

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nas duas últimas avaliações, não houve diferenças entre os tratamentos, o conteúdo de ácidos orgânicos diminuiu com o amadurecimento dos frutos. Normalmente, o teor de ácidos orgânicos tende a diminuir, durante o processo de maturação, esse decréscimo, está associado à sua utilização como substrato no processo respiratório e até como fonte de carbono para a síntese de açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Na relação SS/AT houve interação significativa entre os fatores estudados, nota-se que todos os tratamentos tiveram um aumento da relação SS/AT durante o armazenamento, mas a água ozonizada e o controle apresentaram um maior aumento até o 28º dia de armazenamento (Figura 8). Esse comportamento pode ser explicado pela maior diferença entre a acidez titulável (AT) e os sólidos solúveis ao longo do período de armazenamento.

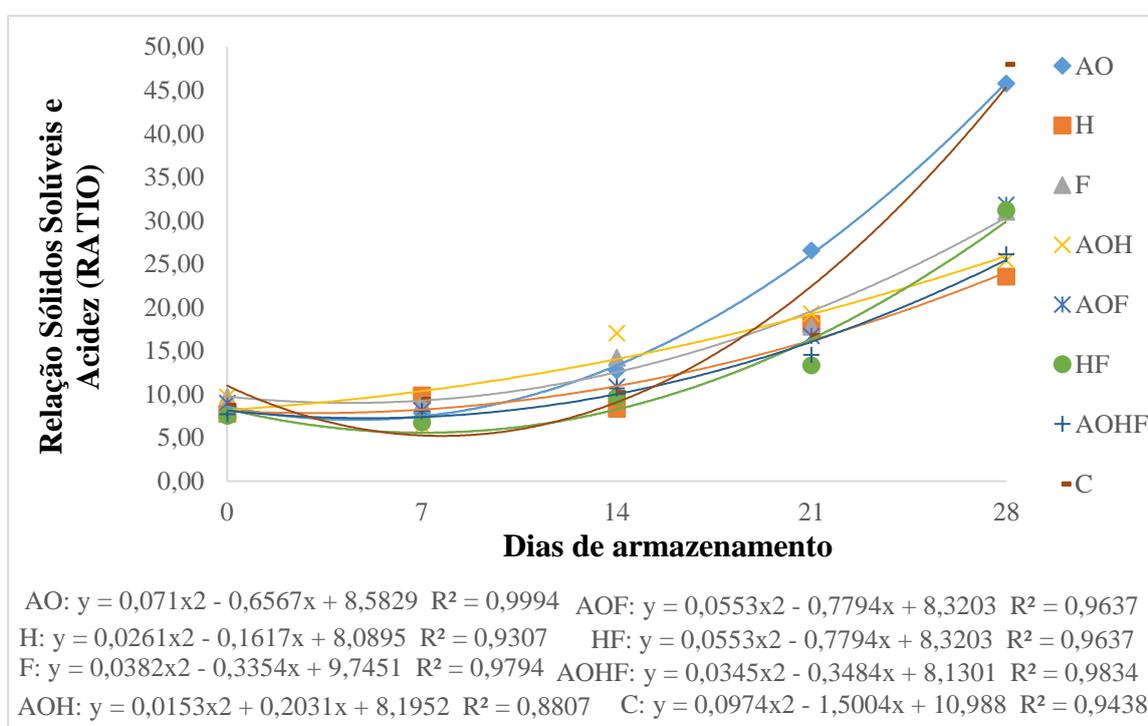


Figura 8. Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

De acordo com os dados, no 21º dia de armazenamento, houve uma tendência dos tratamentos com água ozonizada e hidrotérmico + fungicida, onde a água ozonizada obteve maior valor de relação SS/AT (Tabela 7). No 28º dia de armazenamento a relação SS/AT do tratamento de água ozonizada se igualou ao controle, apresentando os maiores valores. Possivelmente, os frutos desses tratamentos estavam com um sabor mais acentuado e doce do que os frutos, indicando um estágio de maturação mais avançado. Resultados estão próximos

aos relatados por Fischer *et al.* (2009), 30,2 de relação SS/AT para a mangueira do cultivar ‘Palmer’.

Tabela 7. Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a $13\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 5,0\%$ de UR.

Tratamento	Dias de armazenamento				
	0	7	14	21	28
Água ozonizada	8,52 a	7,79 a	12,74 a	26,55 b	45,76 b
Hidrotérmico	7,71 a	9,86 a	8,31 a	18,09 a b	23,53 a
Fungicida	9,66 a	8,89 a	14,20 a	17,74 a b	30,97 a
Água ozonizada+Hidrotérmico	9,71 a	6,35 a	17,04 a	19,26 a b	25,40 a
Água ozonizada+Fungicida	8,99 a	8,09 a	10,84 a	16,68 a b	31,81 a
Hidrotérmico+Fungicida	7,51 a	6,74 a	9,66 a	13,32 a	31,16 a
Água ozonizada+Hidrotérmico+Fungicida	7,68 a	8,06 a	10,66 a	14,51 a b	26,11 a
Controle	8,72 a	9,43 a	10,19 a	16,77 a b	47,98 b
CV (%)					37,60

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O índice de maturação, é definido pela relação entre SS/AT, parâmetro de grande importância na avaliação de qualidade, expressando assim uma boa relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável, sendo este um parâmetro indicador do estágio de maturação (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Quanto maior a relação entre SS/AT, maior será a maturação, conseqüentemente frutos de sabor mais agradáveis.

No que corresponde ao pH, houve um pequeno aumento dos valores para todos os tratamentos, apresentando o valor de 3,14 para o início do armazenamento e 3,74 para o 28º dia de armazenamento (Figura 9), com valor mínimo de 3,05 verificado ao 17º dia de armazenamento. Esse aumento durante os dias de armazenamento, é decorrente ao amadurecimento dos frutos. Resultados de pH semelhantes foram encontrados por Monaco *et al.* (2014), trabalhando com a água ozonizada na sanitização de manga, em que o tratamento não interferiu na mudança de pH do fruto.

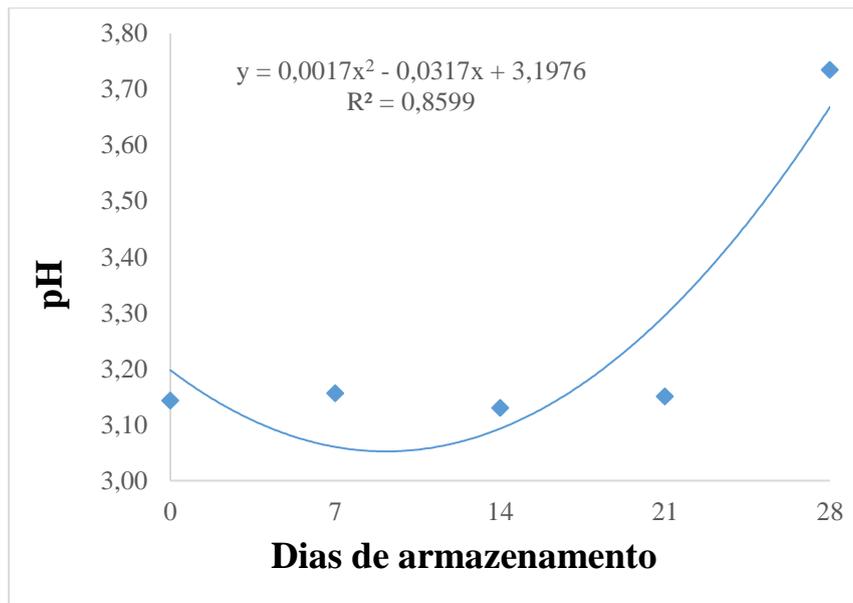


Figura 9. Potencial hidrogeniônico (pH), da manga ‘Palmer’ submetida à sanitização com água ozonizada, combinada ao tratamento hidrotérmico e fungicida, armazenadas a 13 °C ± 1°C e 95 ± 5,0% de UR.

A aplicação do ozônio pode ocasionar lesões, escurecimentos, corrosão, aumento de deterioração e perda de peso, descoloração de fruto, entre outros sintomas (FORNEY, 2003), pois os vegetais têm sensibilidade ao O₃, podendo variar de acordo com as espécies vegetais (RICE *et al.*, 1982). No entanto, nesse trabalho esse fato não foi observado, todos os frutos, independente da imersão na água ozonizada apresentaram boa aparência e características adequadas à comercialização.

O uso da água ozonizada em substituição ao cloro, na sanitização de mangas “Palmer”, pode ser rentável para aumentar substâncias com potencial antioxidante, sem prejudicar os frutos e aumentar sua qualidade (MONACO *et al.*, 2014). O ozônio como um sanitizante nas superfícies de alimentos, com objetivo de aumentar a vida de prateleira de frutas e legumes, tem despertado grandes interesses (HAN *et al.*, 2017).

Tran *et al.* (2013) avaliaram a ação do ozônio para prolongar a vida útil de armazenamento de manga e relataram que não houve diferenças significativas na firmeza do fruto, teor de sólidos solúveis e acidez titulável após tratamento com fumigação com ozônio nas concentrações de 2 µL L⁻¹ por 20 min e 10 µL L⁻¹ por 10 min.

Com relação à firmeza e perda de massa fresca, observou-se que independentemente da ozonização, os frutos não foram prejudicados ao longo do armazenamento.

6. CONCLUSÕES

O tratamento hidrotérmico é suficiente para o controle da antracnose. Em combinação com o ozônio e fungicida também reduziram a incidência e a severidade da antracnose em manga.

Todos os tratamentos aplicados na pós-colheita não alteraram as características físicas e químicas dos frutos, mantiveram as características pós-colheita da manga 'Palmer' adequada ao consumo por 28 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALENCAR E. R. *et al.* Postharvest quality of ozonized “nanição” cv. Bananas. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, p.107-114, 2013.
2. ALEXANDRE, E. M. C.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Efficacy of nonthermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. **Journal Food Engineering**, v.108, p.417-426, 2012.
3. ALFENAS, A. C. *et al.* Isolamento de Fungos Fitopatogênicos. In: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. (Ed.). **Métodos em fitopatologia**. Lavras: UFV, 2007. p. 53-91.
4. ALI, A., ONG, M. K., & FORNEY, C. F. Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. **Food Chemistry**, v.142, p.19-26, 2014.
5. ALMEIDA, C. O. de; CARDOSO, C. E. L.; SANTANA, M. do A. Comercialização. In: PEREIRA, M. E. C.; FONSECA, N.; SOUZA, F. V. D. (Ed.). **Manga: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. cap. 15, p. 177-184, 2005. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
6. ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos. **Química Nova**, v.27, p.818- 824, 2004.
7. ÁNGEL, D. N. *et al.* Enfermedades del mango. In: OLIVEIRA, S.M.A.; TERAPO, D.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C.H. (ED.). **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 19-44.
8. ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI. KIST, B.B. *et al.* Santa Cruz do Sul, **Editora Gazeta Santa Cruz**, 96 p. 2022.
9. BAKER, R. Thermoherapy of planting material. **Phytopathology**, v. 52, p. 1244-1255, 1962.

10. BARKAI-GOLAN, R. & PHILLIPS, D.J. Postharvest heat treatment of fresh fruit and vegetables for decay control. **Plant Disease**, v. 75(11) p. 1085-1089, 1991.
11. BASSO, J. *et al.* **Variabilidade genética de cultivares e híbridos elite de manga com base em marcadores moleculares**. Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2018.
12. BATISTA, D.C. *et al.* Doenças da manga. **Manejo de doenças de fruteiras tropicais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.37, n.290, p.82-91, 2016.
13. BATISTA, P.F. *et al.* Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley¹. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015.
14. BEN-YEHOSHUA, S.; PORAT, R. Heat treatments to reduce decay. In: BEMYEHOSHUA, S. (Ed) **Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality**. Boca Raton, FL: CRC Press – Taylor and Francis Group, 2005.p.11-42.
15. BLEINROTH, E.W. **Determinação do ponto de colheita. In: Manga para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: MAARA/FRUPEX. (Série Publicações Técnicas). p.11-27, 1994.
16. BORGES, I. V. *et al.* Aplicação de revestimentos com extrato de jurema preta no controle de antracnose em frutos de manga. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 17, n. 2, p. 205-216, 2016.
17. BRECHT, J. K. *et al.* **Mango postharvest best management practices manual**. Gainesville: University of Florida. Horticultural Sciences Department; 2010. 74 p.
18. BRITO, C. H. *at al.* Termoterapia para o controle de patógenos em pós-colheita em colheita em frutos da cajazeira. **Acta Scientiarum. Agronomy** v. 30, n. 1, p. 19-23, 2008.
19. BRODRICK, H.T. Métodos de controle da antracnose e outras doenças da manga. Em: Zehr EI *et al.*, ed. **Métodos de avaliação de fungicidas, nematicidas e bactericidas de plantas**. St Paul, MN, EUA: APS Press, 80 - 1. Google Scholar. 1978.

20. BRUNINI, M. A.; COELHO, C. V. de Influência de embalagens em jabuticabas 'sabará'. **Nucleus**, v. 3, n. 1, p. 51-55, 2005.
21. BRUNINI, M. A.; OLIVEIRA, A. L.; VARANDA, D. B. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba 'Paluma' armazenada a -20 °C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p.394-396, 2003.
22. CABRERA, J.J.L. & DOMÍNGUEZ, A.M. Use of hot water dips to control the incidence of banana crown rot. **Acta Horticulturae**, v.490, p.563- 570. 1998.
23. CAPDEVILLE, G.; SANTOS, J. R. P. Metodologia para seleção e teste de microrganismos epífitos de frutos de mamão para utilização em controle biológico contra *Colletotrichum gloeosporioides*. **Boletim de Pesquisas e desenvolvimento Embrapa**, 2005. 21 p.
24. CAROLLO, E. M.; FILHO, H.P.S. **Manual básico de técnicas fitopatológicas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura BA, 2016.
25. CARVALHO, A.V.; LIMA, L.C.O. Modificação de componentes da parede celular e enzimas de kiwis minimamente processados submetidos ao tratamento com ácido ascórbico, cítrico e CaCl₂. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.22, n.3, p.386-390, 2008.
26. CIA, P. *et al.* Indução de resistência no manejo pós-colheita. In: RODRIGUES, F. A.; ROMEURO, R. (Eds.) **Indução de resistência de plantas a patógenos**. Viçosa: Suprema, 2007. P. 245-280.
27. CIA, P.; PASCHOALATI, S.F.; BENATO, E.A. Indução de resistência no manejo de doenças pós-colheita. In: **Reunião Brasileira de Indução de Resistência de Plantas a Patógenos**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2007. p. 245-269.
28. CISSÉ, M., *et al.* Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 101, p. 10-14, 2015.

29. CHAVÉZ-SÁNCHEZ, I. *et al.* The effect of antifungal hot-water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 101–107, jan/fev. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0228-0>.
30. CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
31. COELHO, C.C.S. *et al.* Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.369–375, 2015.
32. CORKIDI, G. *et al.* Assessing mango anthracnose using a new three-dimensional image-analysis technique to quantify lesions on fruit. **Plant Pathology**, v. 55, p. 250-257, 2006.
33. COSTA, A.R. **Ozônio como agente fungicida na pós-colheita do mamão (Carica papaya L.)** Dissertação da Universidade Federal de Viçosa. 25 de maio de 2012.
34. COX, M.L.; IRWIN, J.A.G. Conidium and apressorium variation in Australian isolates of the *Colletotrichum gloeosporioides* group and closely related species. **Australian Systematic Botany**, v.1, p.139-144, 1988.
35. CUNHA, M. M. *et al.* **Manga para exportação: aspectos fitossanitários**. Brasília: Embrapa-SPI, 1993. (Série Publicações Técnicas FRUPEX).
36. DEAN, R. *et al.* The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v.13, p. 414- 430, 2012.
37. DI BERNADO, L; DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: Rima, v.2, 784 p. 2005.
38. FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, n. 2, p. 125-34, 2004.

39. FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Roma: FAOSTAT Database Gateway-FAO. 2019.
40. FERNANDES, L. M. S. *et al.* Características pós-colheita em frutos de pitaya orgânica submetida a diferentes doses de irradiação. **Revista Biodiversidade**, v. 9, n. 1, p. 15-22, 2010.
41. FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema de análise estatística computacional. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
42. FERREIRA, D.F *et al.* Influence of pH on the efficacy of ozonated water to control microorganisms and its effect on the quality of stored strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, p. 692-700, 2017.
43. FERREIRA, M.D.; Spricigo, P.C. Colorimetria: Princípios e aplicações na agricultura. In: **Instrumentação em frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa, p.209–220, 2017.
44. FILHO, H.P.S. *et al.* **Doenças, Monitoramento e Controle**. Capítulo 15, p 305.2002.
45. FISCHER, I. H. *et al.* Tratamentos alternativos no controle da antracnose e sobre a qualidade de goiabas ‘Pedro Sato’. **Summa Phytopathologica**, , v. 42, n. 4, p. 333-339, 2016.
46. FISCHER, I. H. *et al.* Ocorrência de antracnose em abacate, agressividade e sensibilidade de *Colletotrichum gloeosporioides* a fungicidas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 2, p. 130-137, 2017.
47. FISCHER, I. H. *et al.* Doenças pós-colheita em variedades de manga cultivadas em Pindorama, São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 352-359, 2009.
48. FISCHER, I.H. *et al.* Doenças e características físicas e químicas pós-colheita em manga. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 107-116, 2009.
49. FISCHER, I.H. *et al.* Efeito de fungicidas e produtos alternativos no controle da antracnose e da pinta preta da goiaba. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2753-2766, 2012.

50. FORNEY, C. F. Postharvest response of horticultural products to ozone. In: Postharvest Oxidative Stress in Horticultural Crops, pp. 13–54. Hodges, D. M., Ed., **Food Products Press, New York**. 2003.
51. FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182 p.
52. GALUS, S; KADZIŃSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 2, p. 273-283, 2015.
53. GAYET, J. P. Frupex. In: NETTO, A. G. **Manga para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília, DF: \-SPI, 1994. p. 9-10.
54. GLOWACZ, M.; COLGAN, R.; REES, D. The use of ozone to extend the shelf-life and maintain quality of fresh produce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 4, p. 662-671, 2015.
55. GRAHAM, D. M. Use of ozone for food processing. **Food Technology**, , v. 51, p. 72–75, 1997.
56. HAN, Q. *et al.* Precooling and ozone treatments affects postharvest quality of black mulberry (*Morus nigra*) fruits. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1947-1953, 2017.
57. HUANG, H.; *et al.* Efficient degradation of gaseous benzene by VUV photolysis combined with ozone-assisted catalytic oxidation: Performance and mechanism. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 186, p. 62-68, 2016.
58. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de recuperação automática – **SIDRA**. 2019. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/tabela/1613>>.
59. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Método Físico Químicos para Análise de Alimentos**. 6ª Ed, 1ª Edição Digital, São Paulo, 2008, p.1020.
60. JÚNIOR, R.S. *et al.* Utilização de azoxistrobina no controle da antracnose da mangueira. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 193-196, 2004.

61. KHADRE, M. A. *et al.* Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **Journal of Food Science**, v. 66, n.09, p. 1242-1252, 2001.
62. KECHINSHI, C.P. **Avaliação do uso de ozônio e de outros tratamentos alternativos para a conservação do mamão papaia (*Carica papaya* L.)**. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
63. KECHINSKI, C. P. *et al.* Effects of ozonized water and heat treatment on the papaya fruit epidermis. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.118-122, 2012.
64. KECHINSKI, C. P. *et al.* Effects of ozone in combination with hydrothermal treatment and wax on physical and chemical properties os papayas. **Ozone: Science & Engineering**, v.34, p.57-63, 2012.
65. KIM, J.G. Ozone as an antimicrobial agent in minimally processed foods. Ph.D. **thesis, The Ohio State University, Columbus, OH.** 1998.
66. KIM, J.G.; YOUSEF, A. E; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. **Journal of Food Protection**, v.62, p.1071-1087, 1999.
67. KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; KHADRE, M.A. Ozone and its current and future application in the food industry. *Advances in Food and Nutrition Research* Vol. 45. **Department of Food Science and Tecnology.** 2003.
68. KNASCIMENTO, F.V.; SANTOS, M.C.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R.M.V.; BARTNICKI, V.A. Hidrotermia e radiação UV-C no controle de patógenos de manga e melão. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.4, p.313-317, 2014.
69. KOLATTUKUDY, P. E. *et al.* Surface signaling in pathogenesis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 92, n. 10, p. 4080-4087, 1995.
70. KUO, K.C. Germination and appressorium formation in *Colletotrichum gloeosporioides*. **Proceedings of the National Science Council**, Taipei, v.23, n.3, p.126-132,1999.

71. LABAVITCH, J.M. Fruit ripening and defense against pathogens-loss of resistance or gain of susceptibility. In: JOHNSON, G.; HIGHLEY, E.; JOYCE, D.C. (Eds.). **Disease resistance in fruit**. Australia:ACIAR, v.80, 1998. p.53-59.
72. LAWSON, T.; LYCETT, G.W.; ALI, A.; CHIN, C.F. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica*L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae**, v.243, p.189–196, 2019.
73. LIMA, L.C. *et al.* Controle da antracnose e qualidade de mangas (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, após tratamento hidrotérmico e armazenamento refrigerado em atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.2, p.298-304, 2007.
74. LIMA, N. B. *et al.* Five *Colletotrichum* species are responsible for mango anthracnose in northeastern Brazil. **Fungal Diversity**, v. 61, n. 1, p. 75-88, 2013.
75. LI, P. *et al.* Pre-storage application of oxalic acid alleviates chilling injury in mango fruit by modulating proline metabolism and energy status under chilling stress. **Food chemistry**, v. 142, p. 72-78, 2014.
76. MACHADO, W. R. B.; DE CARVALHO, R. M.; NETO, A. F. Avaliação das perdas de manga no mercado varejista do Vale do São Francisco. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, p. 75-90, 2017.
77. MARTÍNEZ, C.B. *et al.* Effects of ozone, iodine and chlorine on spore germination of fungi isolated from mango fruits. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 20, n. 1, p. 60-65, 2002.
78. MARTINS, D. M. S.; BLUM, L. E. B. Redução da antracnose e da podridão seca póscolheita em mamão por hidrotermia. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 98– 105, 2014.
79. MARTINS, C.R. & FARIAS, R.M. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola–revisão. **Revista da FZVA**, v. 9, n. 1, p. 20-32, 2002.

80. MCGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **Hort Science**, v. 27, n. 12 p. 1254- 1255, 1992.
81. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROFIT-Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>. Acesso em: 15 de junho de 2022.
82. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agrostat: Exportação Importação**. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 15 de junho de 2022.
83. MLIKOTA-GABLER, F. *et al.* Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v.55, p.85-90, 2010.
84. MONACO, K. A. *et al.* Sanitizers Effect in Mango Pulp and Peel Antioxidant Compounds. **Food and Nutrition Sciences**, v. 5, n. 10, p. 929-935, 2014.
85. MONACO, K. A. *et al.* Influence of ozonated water sanitation on postharvest quality of conventionally and organically cultivated mangoes after postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 120, p. 69-75, 2016.
86. MOTTA, J. D. *et al.* Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 74-82, 2015.
87. MOURA, F. T. *et al.* Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 764-772, 2013.
88. NADAS, A. G.; OLMO, M.; GARCÍA, J.M. Growth of Botrytis cinerea and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. **Journal of Food Science: Food Microbiology and Safety**, v. 68, n.5, p. 1798-1802, 2003.

89. NASCIMENTO, A.S. *et al.* Pragas e seu controle. In Genu PJ, Pinto AÇQ. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.277-297, 2002.
90. NASCIMENTO, F.V. *et al.* Hidrotermia e radiação UV-C no controle de patógenos de manga e melão. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.4, p.313-317, 2014.
91. NOVAK, J.S.; YUAN, J.T.C. The Ozonation Concept: Advantages of Ozone Treatment and Commercial Developments. In: Tewari, G.; Juneja, V.K. (Eds.) *Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation*. Ames: **Blackwell Publishing**, p.185- 193, 2007.
92. NTSOANE, M. L. *et al.* Quality assesment and postharvest technology of mango: A review of its current status and future perspectives. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 77-85, 2019.
93. ONG, M.K.; ALI, A. Antifungal action of ozone against *Colletotrichum gloeosporioides* and control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v.100, p.113-119, 2015.
94. PASCUAL, A.; LLORCA, L.; CANUT, A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, p.S29-S35, 2007.
95. PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: **A Review. Food Bioprocess Technology**. v. 6, p. 36–60, 2013.
96. PERUCH LAM. *et al.* Métodos de controle integrado da antracnose do maracujazeiro. **Agropecuária Catarinense**, , v. 15, n. 1, p. 5-9, 2002.
97. PERUMAL, A. B. *et al.* Effects of essential oil vapour treatment on the postharvest disease control and different defence responses in two mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, n. 6, p. 1131-1141, 2017.

98. PFAFFENBACH, L. B. *et al.* The effect of modified atmosphere and refrigeration on postharvest of mango red espada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 410- 413, 2013.
99. PEZZI E. **Uso do ozônio como sanitizante em pós-colhita de produtos agrícolas.** Dissertação Mestrado. UFRGS. Porto Alegre. 2009.
100. PROTRADE. Mango – **Manual de exportacion: frutas tropicales y hortalizas.** Eschborn: GTZ, 34 p. 1992.
101. RESENDE, E. C. O. **Efeito do tratamento hidrotérmico quarentenário na pós-colheita de mamão.** 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
102. RICE, R. G.; FARQUHAR, J. W.; BOLLYKY, L. J. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishables foods. **Ozone: Science & Engineering**, , v. 4, p. 147–163, 1982.
103. RODGERS, S.L. *et al.* A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. **Journal of Food Protection**, v. 667, p.721-731, 2004.
104. RUSSEL, A.D.; HUGO, W.B.; AVLIFFE, G.A.J. Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization. 3.ed. **Oxford: Blackwell Science**, 1999. 826p.
105. SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, , v.67, p.1051-1056, 1977.
106. SELMA, M. V. *et al.* Reduction by gaseous ozone of *Salmonella* and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. **Food microbiology**, v. 25, n. 4, p. 558-565, 2008.
107. SERPA, M. F. P. *et al.* Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 975-982, 2014.

108. SHEWFELT, R. L.; THAI, C. M.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 5, p. 1433-1437, 1988.
109. SHI, J. (Ed.). Functional food ingredients and nutraceuticals: processing technologies. **CRC Press**, p. 680, 2015.
110. SILVA, L.S. **Quitosana, compostos fenólicos e terpenos no controle da antracnose e qualidade pós-colheita da manga**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, 2019.
111. SILVA, L.S. *et al.* Chitosan and phenolic compounds in the control of anthracnose in mango. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 43, n. 6: (e-052), 2021.
112. SILVA, M. B. *et al.* Tratamento térmico e prochloraz no controle da antracnose em pós-colheita de frutos de banana 'Prata Anã'. **Summa Phytopathologica**, v.34, n.4, p. 364-5, 2008.
113. SILVA NETO, O. P. *et al.* Ozone slows down anthracnose and increases shelf life of papaya fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 2019.
114. SILVA, S. B. *et al.* Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Ciências Agrárias**, v.32, p.659-682, 2011.
115. SISQUELLA, M. *et al.* Combination of peracetic acid and hot water treatment to control postharvest brown rot on peaches and nectarines. **Postharvest Biology and Technology**, v. 83, p. 1-8, 2013.
116. SMILANICK, J.L.; CRISOSTO, C.; MLIKOTA, F. Postharvest use of ozone on fresh fruit. **Perishables Handling Quarterly Issue**, n° 99. 1999.
117. SPONHOLZ, C. *et al.* Efeito do tratamento hidrotérmico e químico de frutos de banana 'Prata' no controle da antracnose em pós-colheita. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, n. 5, p.480-485,2004.

118. SUJAYASREE, O. J. *et al.* Ozone: An advanced oxidation technology to enhance sustainable food consumption through mycotoxin degradation. **Ozone: Science & Engineering**, v. 44, n. 1, p. 17-37, 2022.
119. SUTTON, B.C. **The Coelomycetes**. Surrey, England: Commonwealth Mycological Institute. 696p, 1980.
120. SUTTON, B. C. The Genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: Bailey, J.A.; Jeger, M.J.) **Colletotrichum: biology, pathology and control**. Oxon: CAB International, p. 1-26, 1992.
121. TATAGIBA, J.S. *et al.* Controle e condições climáticas favoráveis à antracnose do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 186-192, 2002.
122. TERAQ, D.; BATISTA, D.C.; BARBOSA, M.A.G. **Doenças em Pós-Colheita de Manga. Circular Técnica 105**. Petrolina, PE, Dezembro, 2013.
123. THINH, D.C.; KUNASAKDAKUL, K. Inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and control of postharvest anthracnose disease on mango fruit using propionic acid combined with bee-carnauba wax emulsion. **Journal of Agricultural Science (Toronto)**, v. 5, n. 12, p. 110-116, 2013.
124. TOZZE JÚNIOR, H. J. **Caracterização e identificação de espécies de *Colletotrichum* associadas à antracnose do pimentão (*Capsicum annuum*) no Brasil**. 2007. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ-USP, 2007.
125. TOZZE JÚNIOR, H. J. *et al.* Caracterização de isolados de *Colletotrichum* spp. associados às frutíferas no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 41, p. 270-280, 2015.
126. TRAN, T.T.L. *et al.* Fumigation with Ozone to Extend the Storage Life of Mango Fruit cv Nam Dok Mai. **Agricultural Sciences. J.** Vol. 44 No. 2 (Suppl.) May-August 2013.

127. VELOSA, A.C. Avanços tecnológicos no tratamento de águas de mananciais. **Holos Environment**, v. 15, n. 2, p. 194-210, 2015.
128. WYSOK, B.; URADZIŃSKI, J.; GOMÓKA-PAWLICKA, M. Ozone as an alternative disinfectant – A review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v.15, p.3-8, 2006.
129. YAH, A. R. C. *et al.* Variacion de las principales características de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) durante la maduración post cosecha. **Horticultura Mexicana**, v. 7, n. 3, p. 419-425, 1999.
130. ZERBINI, P.E. *et al.* Optical properties, ethylene production and softening in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 101, p. 58-65, 2015.

