

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES SANITIZANTES EM TOMATE (*Solanum  
lycopersicum* L.)**

**Gabriela Málaga Baia**

**2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES SANITIZANTES EM TOMATE (*Solanum  
lycopersicum* L.)**

**Gabriela Málaga Baia**

*Sob a Orientação do Professor*  
**Dr. Murillo Freire Junior**

*Co-orientação do Professor*  
**Dr. Otniel Freitas Silva**

Dissertação submetida com requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração em Tecnologia de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B152a Baia, Gabriela Málaga, 1991-  
Avaliação de diferentes sanitizantes em tomate  
(*Solanum lycopersicum* L.) / Gabriela Málaga Baia. -  
2019.  
56 f.: il.

Orientador: Murillo Freire Junior.  
Coorientador: Otniel Freitas-Silva.  
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programda de Pós-graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2019.

1. Tomate. 2. *Alternaria* spp.. 3. Tratamento pós  
colheita. I. Junior, Murillo Freire, 1954-, orient.  
II. Freitas-Silva, Otniel, 1966-, coorient. III  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.  
Programda de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos. IV. Título.

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

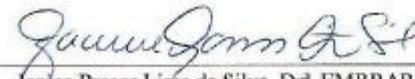
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

GABRIELA MÁLAGA BAIÁ

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/02/2019

  
Murillo Freire Junior, Dr. EMBRAPA  
(Orientador)

  
Janice Passos Lima da Silva, Dr<sup>a</sup>, EMBRAPA

  
Leilson de Oliveira Ribeiro, Dr.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que de alguma forma me apoiaram na realização deste trabalho.

Ao meu pai e meu irmão, que estiveram comigo nos bons e maus momentos que passei durante este período, sempre me apoiando.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e Embrapa Agroindústria de Alimentos, pela realização do curso e do projeto.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Dr. Murillo Freire Junior, pela orientação, ensinamentos e conselhos.

Ao meu co-orientador, Dr. Otniel Freitas-Silva, pelos ensinamentos e conselhos.

A todos os funcionários dos laboratórios de Fisiologia Pós-colheita e Micologia.

Aos meus amigos e parceiros da turma de mestrado, Paulo César, Clarissa, Rafael, Aline, Matheus, Renata, Marcus, João Paulo, Thais, Layse, Jon, Gisele e Mahyra, pela união principalmente nos momentos de estresse durante o mestrado. Sem a presença deles esse período não teria sido o mesmo.

Às minhas amigas de uma vida inteira, Ana Clara, Bárbara, Clarissa e Luciana, que pude contar a cada volta para Niterói, contribuindo com momentos de distração.

À minha melhor amiga de graduação, Paula Coutinho, que mesmo distante me apoiou em todos os momentos.

## RESUMO

BAIA, Gabriela Málaga. **Avaliação de diferentes sanitizantes em tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2019. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a ação do ozônio, dióxido de cloro e hipoclorito sobre a incidência de *Alternaria alternata* e *Alternaria solani* em tomates, bem como avaliar os efeitos dos sanitizantes sobre a qualidade dos frutos. Os frutos foram cultivados sob o sistema TOMATEC no Município de Tanguá- RJ, selecionados e lavados em água corrente. Para avaliação de doenças pós-colheita os tomates foram separados dois grupos com e sem inóculo. Os mesmos foram submetidos aos tratamentos: T1) Controle; T2) Cloração (150 mg.L<sup>-1</sup> por 10 min) ; T3) Imersão em água ozonizada (3,8 mg.L<sup>-1</sup> por 10 min); T4) Dióxido de cloro (1,0 mL.L<sup>-1</sup> por 15 min). Em seguida, os frutos foram drenados e armazenados em inoculadoras B.O.D a 25 °C durante 6 dias para avaliação do crescimento dos fungos. Os frutos não inoculados foram mantidos à temperatura média de 23 °C e 86% de umidade relativa (UR) durante 9 dias, para realização das análises físicas, químicas e físico-químicas, visando avaliar e comparar a qualidade dos frutos após os diferentes tratamentos. Com a utilização do dióxido de cloro e o hipoclorito de sódio houve uma menor incidência de *Alternaria alternata* comparado ao tratamento com ozônio, e inibindo completamente o crescimento de *Alternaria solani*. O ozônio foi o que menos afetou a coloração dos frutos, apresentando comportamentos mais próximos do controle. Quanto à firmeza, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e carotenoides totais, os tratamentos não diferiram do controle. Quanto ao pH, o dióxido de cloro foi o que menos influenciou. Nas análises de capacidade antioxidante, foi possível observar redução do efeito nos tomates tratados com ozônio e dióxido de cloro. Os resultados obtidos não demonstraram efeitos negativos pela ação do ozônio e do dióxido de cloro, quando comparados ao hipoclorito quanto a qualidade física, química e físico-química. Portanto, o ozônio e o dióxido de cloro constituem-se boas alternativas à sanitização pós-colheita de tomates.

**Palavras chaves:** tomate; *Alternaria* spp.; tratamento pós-colheita.

## ABSTRACT

BAIA, Gabriela Málaga. **Evaluation of different sanitizers in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2019. 56p. Dissertation (MSc in Food Science and Technology). Institute of Technology, Department of Food Engineering, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

The objective of this work was to evaluate the effects of ozone, chlorine dioxide and hypochlorite on the incidence of *Alternaria alternata* and *Alternaria solani* in tomatoes, as well as to evaluate the effects on fruit quality. The fruits were cultivated under the TOMATEC system in the county of Tanguá-RJ, selected and washed in running water. To evaluate the post-harvest diseases on tomatoes, they were separated into two groups with and without inoculum. They were submitted to the treatments: T1) Control; T2) Chlorination (150 mg.L<sup>-1</sup> for 10 min); T3) Immersion in ozonated water (3.8 mg.L<sup>-1</sup> for 10 min); T4) Chlorine dioxide (1.0 mL.L<sup>-1</sup> for 15 min). The fruits were drained and stored in B.O.D at 25 °C for 6 days for evaluation of fungal growth. The uninoculated fruits were kept at a mean temperature of 23 °C and 86% relative humidity (RH) for 9 days for the physical, chemical and physicochemical analyzes, in order to evaluate and compare the quality of the fruits after the different treatments. With the use of chlorine dioxide and sodium hypochlorite there was a lower incidence of *Alternaria alternata* compared to treatment with ozone, and completely inhibiting the growth of *Alternaria solani*. Ozone was the one that less affected the color of the fruits, presenting behaviors closer to the control. Regarding the firmness, titratable total acidity, total soluble solids and total carotenoids, the treatments did not differ from the control. As for pH, chlorine dioxide had the least influence. In the analyzes of antioxidant capacity, it was possible to observe a reduction of the effect on tomatoes treated with ozone and chlorine dioxide. The results obtained did not show negative effects due to the action of ozone and chlorine dioxide when compared to hypochlorite in terms of physical, chemical and physicochemical quality. Therefore, ozone and chlorine dioxide are good alternatives to post-harvest sanitation of tomatoes.

**Keywords:** tomato; *Alternaria* spp.; post-harvest sanitization process.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Firmeza (N) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR 36

**Tabela 2.** SST (°Brix) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR 38

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Emprego de sanitizantes na redução de patologias pós-colheita	21
<b>Quadro 2.</b> Vantagens e desvantagens entre os sanitizantes - cloro, dióxido de cloro e ozônio	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração dos tomates. A) Caqui B) Saladete C) Santa Cruz D) Italiano E) Cereja (PBMH, 2003)	15
Figura 2. Pinta preta - <i>Alternaria</i> spp.	17
Figura 3. Fluxograma do experimento	23
Figura 4. Tomates selecionados de cor e tamanhos uniformes	24
Figura 5. Sistema de tratamento com ozônio	25
Figura 6. Fotômetro para monitoramento da concentração de ozônio na solução	25
Figura 7. Secagem dos tomates em bandeja plástica e papel toalha após os tratamentos	26
Figura 8. Tomates inoculados com <i>Alternaria solani</i> acondicionados em embalagem plástica	26
Figura 9. Tomates sem inóculo, identificados, mantidos sobre mesa de aço inoxidável a temperatura média de 23 °C e 86% UR	27
Figura 10. Percentual de frutos que apresentaram mancha de alternária produzida por <i>Alternaria alternata</i> , armazenados em BOD a 25 °C durante 06 dias	30
Figura 11. Tamanho da lesão em mm causada por <i>Alternaria alternata</i>	31
Figura 12. Percentual de frutos que apresentaram crescimento de <i>Alternaria solani</i> , armazenados em BOD a 25 °C durante 06 dias	32
Figura 13. Tamanho da lesão em mm causada por <i>Alternaria solani</i>	32
Figura 14. Perda de massa fresca (%) de tomates lavados em água corrente, armazenados por 10 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR	33
Figura 15. Cor instrumental (L*) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR	34
Figura 16. Parâmetro a* em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR	35
Figura 17. Parâmetro b* em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR	35
Figura 18. pH em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR	37
Figura 19. ATT (g ácido ascórbico. 100 g <sup>-1</sup> de amostra) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR	38

Figura 20. Médias gerais de SST ( $^{\circ}$ Brix) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23  $^{\circ}$ C e 86% UR 39

Figura 21. Capacidade antioxidante em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23  $^{\circ}$ C e 86% UR, expressa em ORAC 40

Figura 22. Capacidade antioxidante ( $\mu$ mol Trolox/g amostra) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23  $^{\circ}$ C e 86% UR, expressa em TEAC 40

Figura 23. Médias gerais de carotenoides totais (mg.100  $g^{-1}$  de amostra) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23  $^{\circ}$ C e 86% 41

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AAPH	Dicloridrato de 2,2-azobis(2-metilpropionamida)
ABTS	Ácido 2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) diamônio
ANOVA	Análise de variância
ATT	Acidez total titulável
BDA	Batata – Dextrose – Ágar
B.O.D	Demanda bioquímica de oxigênio
Cl <sub>2</sub>	Cloro
ClO <sub>2</sub>	Dióxido de cloro
Cv	Cultivar
DP	Desvio padrão
FAO	<i>Food and agriculture organization</i>
FDA	<i>Food and drug administration</i>
GRAS	<i>Generally recognized as safe</i>
I	Incidência de patógenos
NaOH	Hidróxido de sódio
NFD	Número de frutos doentes
NTF	Número total de frutos
O <sub>3</sub>	Ozônio
ORAC	Capacidade de absorção dos radicais de oxigênio
Pi	Peso inicial
PM	Perda de massa
Pp	Peso no período
SST	Sólidos solúveis totais
TEAC	Capacidade antioxidante equivalente ao trolox
Trolox	Ácido 6-hidroxi-2-5-7-8-tetrametilcromo2-carboxílico
THM	Trihalometanos
UFC	Unidade formadora de colônias
UR	Umidade relativa
WHO	<i>World health organization</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
3.1	Aspectos Gerais do Tomate	14
3.2	Doenças Pós-colheita no Tomate	16
3.2.1	Alternaria .....	16
3.3	Métodos de Sanitização para Produtos de Origem Vegetal	17
3.3.1	Aplicação do Cloro na Pós-colheita .....	18
3.3.2	Dióxido de Cloro como Alternativa ao Cloro .....	19
3.3.3	Ozônio como Alternativa ao Cloro.....	19
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
4.1	Preparo das Amostras	23
4.2	Isolamento e Inoculação dos Fungos	24
4.3	Tratamentos	24
4.3.1	Cloro .....	24
4.3.2	Ozônio .....	24
4.3.3	Dióxido de cloro .....	25
4.4	Drenagem	26
4.5	Armazenamento	26
4.6	Análises Patológicas	27
4.6.1	Índice de patógenos .....	27
4.6.2	Avaliação do crescimento dos fungos .....	27
4.7	Análises Físicas, Químicas e Físico-químicas	27
4.7.1	Perda de massa .....	27
4.7.2	Firmeza .....	28
4.7.3	Cor .....	28
4.7.4	pH .....	28
4.7.5	Acidez total titulável (ATT) .....	28
4.7.6	Sólidos solúveis totais (SST).....	28
4.7.7	Capacidade antioxidante.....	28
4.7.8	Carotenoides totais .....	29

4.8	Delineamento Experimental e Análise Estatística	29
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>30</b>
5.1	Análises Patológicas	30
5.1.1	Incidência de <i>Alternaria alternata</i> e <i>Alternaria solani</i>	30
5.2	Análises Físicas, Químicas e Físico-químicas	33
5.2.1	Perda de massa	33
5.2.2	Cor	33
5.2.3	Firmeza	36
5.2.4	pH	36
5.2.5	Acidez total titulável (ATT)	37
5.2.6	Sólidos solúveis totais (SST)	38
5.2.7	Capacidade antioxidante	39
5.2.8	Carotenoides totais	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os vegetais são ricas fontes de vitaminas, minerais e nutrientes essenciais para a saúde humana, sendo capazes de diminuir o risco de doenças cardiovasculares, por exemplo (MATTIOLI et al., 2018). Porém quando não são devidamente preparados, apresentam risco de contaminação por microrganismos patogênicos. Desta maneira, tornam-se perigosos para a saúde humana, pois muitos vegetais são consumidos frescos e crus (FAOUR-KLINGBEIL et al., 2016). Para além dos microrganismos patogênicos, os vegetais ficam também suscetíveis a contaminação por microrganismos deteriorantes, fitopatógenos de pós-colheita, que depreciam a qualidade do produto (VENTA et al., 2010).

Dentre estes vegetais, o tomate se destaca por ser consumido em todo o mundo, apesar de ser altamente susceptível à decomposição e perda de qualidade após a colheita (ZHU et al., 2016). Além de ser consumido cru ou no preparo de saladas e outros pratos, milhões de toneladas do que é colhido são utilizados no processamento de molhos, *ketchup*, sucos, entre outros (MACHMUDAH et al., 2012). Seu consumo está relacionado com a prevenção do câncer, devido à presença de vitaminas e outros compostos funcionais, como o licopeno (MACHMUDAH et al., 2012; LUCINI et al., 2017). O processamento do fruto, principalmente o aquecimento, aumenta a disponibilidade do licopeno (COOPERSTONE et al., 2016).

O amadurecimento e a deterioração do fruto são afetados pela temperatura elevada das regiões tropicais e subtropicais, pois esta atua no aumento da taxa de respiração, encurtando sua vida útil (NAWAB et al., 2017). Após a colheita, é importante que seja feito um pré-resfriamento para a redução do seu calor vital proveniente do campo e um tratamento para inibir o crescimento microbiano visando preservar a sua qualidade (FELIZIANI et al., 2016).

O desenvolvimento de vegetais minimamente processados surgiu para atender as necessidades da população em busca de alimentos saudáveis e práticos. Deste modo, estes produtos passam por operações como lavagem, descascamento, corte, sanitização e são preservados durante a estocagem por um sistema de embalagem, podendo ser utilizados tanto na indústria de *catering*, restaurante e hotéis, como no preparo de uma refeição em casa, como uma sopa ou salada, por serem mais convenientes (AHVENAINEN, 1996; RAGAERT et al., 2007).

A alta perecibilidade destes vegetais requerem tratamentos pós-colheita para evitar as perdas causadas por fitopatógenos, como a aplicação de sanitizantes (MILLER et al., 2013). No processamento de vegetais, o sanitizante mais utilizado é o cloro, na forma de hipoclorito, no entanto há uma preocupação quanto a sua reação com a matéria orgânica, devido à formação de compostos organo-clorados (por exemplo, trihalometanos), que são altamente cancerígenos (CHEN e HUNG, 2016; GLOWACZ e REES, 2016a). Assim há uma necessidade de investigar o potencial de outros sanitizantes e tecnologias alternativas, como o uso do ozônio (ZAMBRE et al., 2010).

O interesse pelo ozônio como tratamento pós-colheita de frutas e vegetais aumentou recentemente (GLOWACZ e REES, 2016a). Em 2001, o órgão controlador de medicamentos e gêneros alimentícios dos Estados Unidos (FDA) declarou que o ozônio é uma substância segura [*Generally Recognized as Safe* (GRAS)] para uso como desinfetante e sanitizante em alimentos (YEOH et al., 2014). Assim, seu uso pode ter outros efeitos benéficos como também o aumento da vida útil (AN et al., 2007). Em comparação ao cloro, o ozônio é eficaz contra uma gama maior de microrganismos e não produz resíduos químicos (ZHANG et al., 2005).

Uma outra alternativa de sanitizante, que surgiu nos últimos anos é o dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>), um dos sanificantes mais eficazes para a indústria de alimentos (PARK e KANG, 2017), por apresentar forte capacidade de oxidação e também ser capaz de atingir uma ampla faixa de microrganismos (SUN et al., 2017). É utilizado em especial para a sanitização de vegetais, por não ser afetado pelo pH e pela matéria orgânica, não reagir com a amônia e não formar cloraminas, como acontece com cloro líquido e os hipocloritos (GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007).

Devido à necessidade de minimizar as perdas pós-colheita e garantir maior vida útil dos frutos, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial dos sanitizantes (cloro, ozônio aquoso e dióxido de cloro) no aumento da vida útil e na preservação da qualidade de tomates frescos de mesa.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O Objetivo geral deste trabalho foi comparar os efeitos de tratamentos sanitizantes (cloro, ozônio aquoso e dióxido de cloro) na preservação da qualidade do tomate *in natura* de mesa.

### 2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

- Comparar a eficiência da sanitização com cloro, dióxido de cloro e ozônio na redução da deterioração pós-colheita em tomates inoculados ou não com *Alteraria solani* e *Alternaria alternata*;
- Verificar a ação dos sanitizantes *in vivo* em relação às alterações patológicas dos tomates submetidos aos tratamentos com cloro, dióxido de cloro e água ozonizada;
- Avaliar os efeitos dos agentes sanitizantes utilizados no aumento vida útil e demais parâmetros de qualidade dos frutos de tomate.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

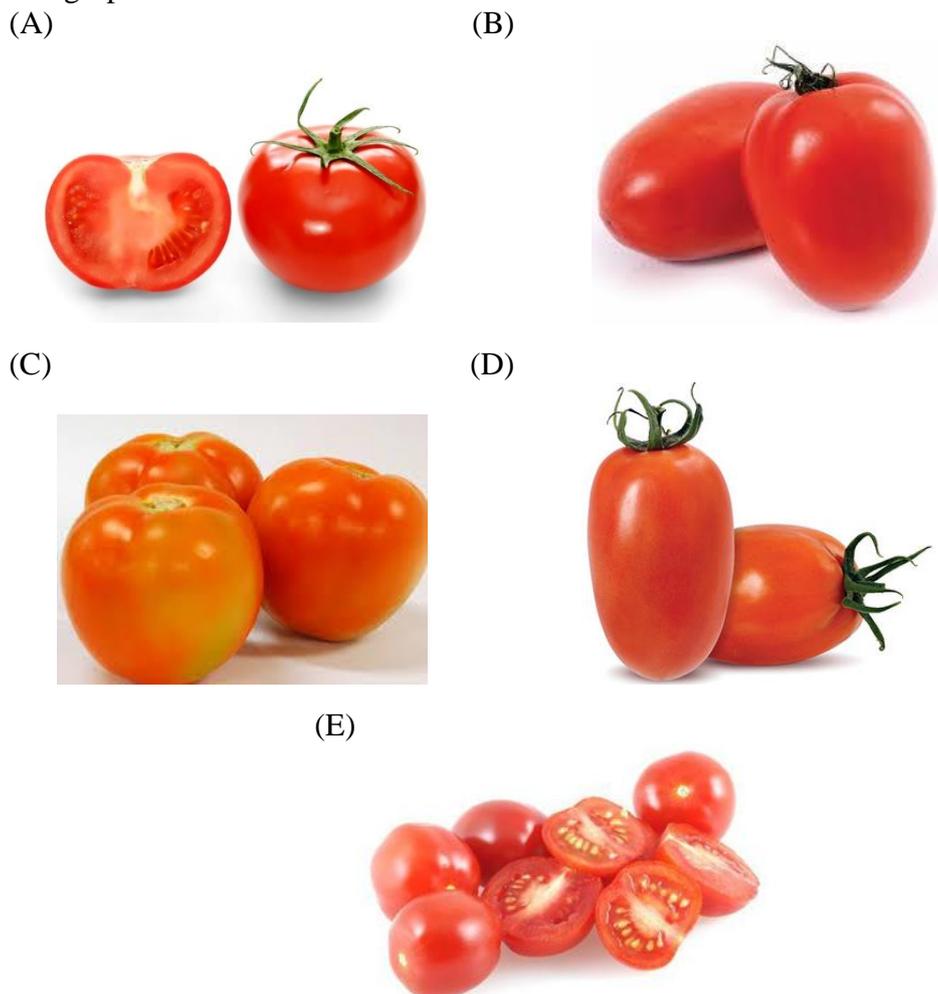
### 3.1 Aspectos Gerais do Tomate

Com origem na América do Sul, o tomate (*Solanum lycopersicum L.*) se destaca por ser um dos vegetais mais consumidos no mundo. Em 2011, sua produção mundial atingiu 160 milhões de toneladas (BERGOUIGNOUX, 2014; ZHU et al., 2016). No Brasil, a estimativa de produção no ano de 2018 foi de 4,5 milhões de toneladas e 64,6 mil hectares de área plantada. Os estados de São Paulo e Goiás contribuem com metade da produção, sendo os maiores produtores do fruto. Seu preço tem alta variação devido à sazonalidade (IBGE, 2018).

Seu consumo está relacionado diretamente com a saúde humana devido à presença de vitaminas e outros compostos funcionais. Dentre eles pode-se destacar os carotenoides totais, associados à prevenção do câncer, doenças cardiovasculares e ação como antioxidante. O licopeno compõe em média 85% dos carotenoides presentes no tomate, sendo o responsável pela coloração vermelha do fruto (MACHMUDAH et al., 2012; LUCINI et al., 2017).

Os tomates podem ser divididos de acordo com seu sistema de produção: estaqueado ou tutorado e rasteiro ou industrial. Ambos recebem três vezes por dia aplicação de agrotóxicos desde o plantio até a colheita (FILHO et al, 2009). Esta é uma das formas de

evitar a perda dos produtos, devido ao seu alto valor econômico (CENGIZ et al., 2018). Os rasteiros são destinados para o processamento industrial devido ao alto teor de sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), que tem grande influência no consumo de energia. Quanto maior o teor, menor o gasto de energia para a concentração do tomate na forma de extrato (KOETZ et al., 2010). O método tutorado é destinado ao varejo, que são os tomates de mesa (FERREIRA, 2004). Entre eles estão presentes diferentes grupos (Figura 1) como Caqui, Saladete, Santa Cruz, Italiano e Cereja, diferenciados de acordo com padrões estabelecidos pelo Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura - PBMH (2003) quanto ao formato, que é determinado pela relação entre comprimento e diâmetro equatorial. As imagens a seguir ilustram os grupos citados anteriormente.



**Figura 1.** Ilustração dos tomates. A) Caqui B) Saladete C) Santa Cruz D) Italiano E) Cereja (PBMH, 2003)

Por ser um fruto climatérico, tem um tempo de vida relativamente reduzido após a colheita. As reações bioquímicas afetam tanto a composição do fruto, quanto sua deterioração (NAWAB et al., 2017). Estas reações restringem o seu uso como minimamente processados, apesar de ser altamente consumido cru (LANA et al., 2005). O tomate é também matéria prima para produtos industrializados. Estimando-se que milhões de toneladas do que é colhido são utilizadas no processamento de molhos, ketchup, sucos, etc (MACHMUDAH et al., 2012).

A qualidade do fruto está baseada em três principais características sensoriais, que envolvem cor, tamanho e firmeza. A funcionalidade também é fator decisivo, devido à presença de vitaminas e fitonutrientes como, por exemplo, carotenoides. Atualmente, a

qualidade sanitária, ou seja, a presença de resíduos químicos, poluentes e toxinas no alimento, vem se tornando muito importante para os consumidores (BERTIN e GÉNARD, 2018).

### 3.2 Doenças Pós-colheita no Tomate

As perdas pós-colheita podem ocorrer em toda a cadeia produtiva desde a colheita até a escolha e compra do produto pelo consumidor. Em estudo feito em 2008, cerca de 377 mil toneladas de tomate foram perdidas. Esta quantidade de perdas representa uma área de 22169 acres de cultivo, de 4,4 a 8,9 milhões de horas de trabalho e 57 bilhões de litros de água (TRINETTA et al., 2013).

As perdas referentes à contaminação dos frutos se iniciam no campo, mas os sintomas podem surgir em diferentes períodos, dependendo do microrganismo presente. Os esporos fúngicos estão presentes no ar, nas folhas, flores, etc. Entre eles é possível encontrar importantes espécies que são agentes causadores de doenças pós-colheita, como *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Botrytis*, *Fusarium* e outros. Os produtos frescos são fontes de nutrientes para fitopatógenos, tornando-os mais suscetíveis ao desenvolvimento de doenças (BARKAI-GOLAN, 2001; NARAYANASAMY, 2005).

O bolor-cinza, causado por *Botrytis cinerea*, é um dos fungos mais danosos ao tomate, pois a doença se desenvolve tanto no campo, quanto após a colheita (ZHU et al., 2016; SUN et al., 2018) e tem maior chance de ocorrer em frutos feridos. Apesar de estar mais associado a doenças de solo e de caule, outro fungo importante é o *Fusarium sp.* que podem causar apodrecimento dos frutos, principalmente nos tomates rasteiros, formando uma lesão de cor marrom-claro (LOPES e ÁVILA, 2005).

Depressões circulares com ponto preto no centro são sintomas da antracnose, causadas por *Colletotrichum coccodes* no tomate (BEN-DANIEL et al., 2009). A podridão causada por *Rhizopus* é uma doença que ocorre nas injúrias do tomate, que podem ser causadas por insetos, manuseio inadequado durante a colheita, transporte ou armazenamento (HAHN, 2006).

#### 3.2.1 Alternaria

Os fungos do gênero *Alternaria* são cosmopolitas e podem ser encontrados causando patologias em diferentes produtos, como cereais, castanhas e diferentes tipos de frutas e vegetais (PATRIARCA, 2016). As espécies deste gênero são classificadas de acordo com seu hospedeiro, *Alternaria citri* em citrus e *Alternaria gaisen* em pera, por exemplo. As espécies podem causar danos antes e após a colheita dos produtos, além de poderem afetar as pessoas, causando alergias e asma, por estarem presentes no solo e no ar (PATRIARCA e FERNÁNDEZ PINTO, 2018).

A fragilidade da pele do tomate, principalmente na senescência, favorece a penetração de diferentes espécies de *Alternaria* (VAQUERA et al., 2014). *Alternaria alternata* é um de seus principais patógenos e pode ser encontrada já na semente do fruto (NARAYANASAMY, 2005; TZORTZAKIS et al., 2008; YANG et al., 2017). A principal característica da doença é a formação de lesões variando do marrom escuro ao preto no tecido do tomate, que crescem a partir de ferimentos abertos ou cicatrizados (LOPES e ÁVILA, 2005; TRINETTA et al., 2013).

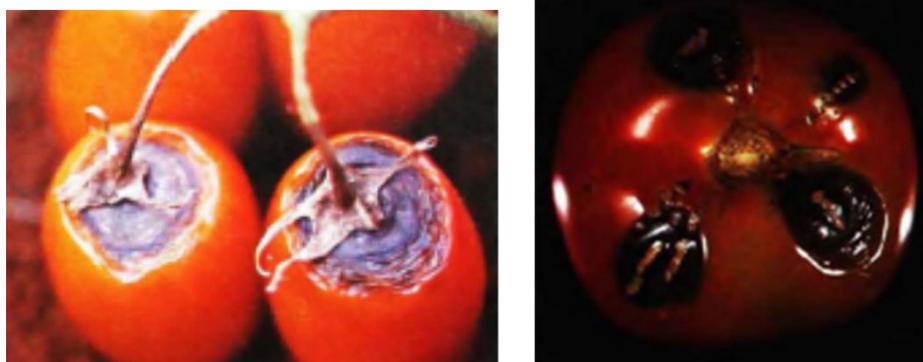
Além do potencial de causar perdas pela deterioração do produto, as espécies de *Alternaria* tem um potencial de produção de micotoxinas que, segundo estudos, podem ser danosas à saúde humana, em que está relacionada a casos relacionados a câncer de esôfago, e animal, capaz de causar hemorragias (ESTIARTE et al., 2018; PATRIARCA, 2018). A espécie mais importante produtora de micotoxinas em frutas e vegetais é *Alternaria alternata* por ser mais comum entre estes alimentos, o que não significa que as outras, como *Alternaria*

*solani*, não tenham importância (BARKAI-GOLAN, 2008). A produção de micotoxinas pelo fungo vem sendo estudada, mas ainda não há métodos oficiais de detecção. Há uma grande preocupação em relação à saúde, devido à inexistência de legislações que permitam o limite máximo dos metabolitos do fungo nos alimentos a fim de proporcionar um nível de segurança para humanos e animais (PATRIARCA, 2016; SUN et al., 2017).

Existem mais de 120 metabólitos secundários produzidos por *Alternaria*, contudo apenas um quarto são micotoxinas capazes de causar danos à saúde. Dentre elas, as mais frequentes são alternariol (AOH) e alternariol monometil éter (AME). A partir do momento que ocorre a contaminação dos alimentos pelo fungo, pode ser o início da síntese destas substâncias. Durante o processamento dos alimentos, os fungos podem ser inativados por tratamentos térmicos, mas não é garantida a eliminação das micotoxinas (BARKAI-GOLAN, 2008; ESTIARTE et al., 2018).

Perdas de até 80% dos tomates são relacionadas a *Alternaria solani* no tomate, que normalmente é controlada por fungicidas, mas vem sendo criada uma resistência ao microrganismo a estes defensivos agrícolas, além do alto custo da aplicação, presença de resíduos no fruto e impactos no meio ambiente e na saúde do consumidor (DERBALAH et al., 2018). A doença denominada pinta preta é causada por *Alternaria solani*, que muitas vezes se desenvolve a partir das folhas do tomateiro e migra, através do caule, para o pedúnculo, atingindo o fruto (AWAN et al., 2018).

Os sintomas das doenças causadas por *Alternaria alternata* e *Alternaria solani* são muito semelhantes (Figura 2) e dificilmente são observadas diferenças, caracterizada apenas pela morfologia dos conídios (MUNIZ et al., 2018). O gênero *Alternaria* produz conídios em forma de taco, com septos longitudinais e transversais, dependendo da espécie. As hifas e os esporos são protegidos do estresse ambiental através da melanina, permitindo a sobrevivência no solo por maior período (ADHIKARI et al., 2018).



**Figura 2.** Pinta preta - *Alternaria* spp.

### 3.3 Métodos de Sanitização para Produtos de Origem Vegetal

A presença da elevada carga microbiana em produtos de origem vegetal é comum. Bactérias deteriorantes, leveduras e fungos filamentosos são contaminantes naturais destes produtos. Devido às práticas agrícolas (contato com o solo, água de irrigação, agrotóxicos) e o processo pós-colheita (transporte, manipulação e embalagem) também estão vulneráveis a contaminação por patógenos (BEUCHAT, 2002; RICO et al., 2007). Dentre estes microrganismos, estudos relatam a presença de *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Shigella* spp., *Yersinia* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium* spp. em produtos frescos (BEUCHAT, 2002; GUO et al., 2017). Então, torna-se necessário um processo de sanitização pós-colheita eficiente para diminuir o desenvolvimento de fitopatógenos nos frutos e consequentemente reduzir as perdas. Para tentar evitar estes danos,

a maioria dos vegetais é tratada com produtos químicos de baixa toxicidade e de rápida ação (FELIZIANI et al., 2016).

Os produtos orgânicos requerem uma atenção maior em relação ao uso de sanitizantes, por exigir que não tenham resíduos químicos. Isto começa em seu cultivo, pois em substituição aos fertilizantes sintéticos, vem sendo utilizado fertilizantes orgânicos, que incluem o estrume animal. Desta maneira, é necessário utilizar pequenas concentrações de sanitizantes para garantir que não haja formação de resíduos, mas que a redução da carga microbiana seja garantida (ZHANG e YANG, 2017).

A utilização de sanitizantes a base de cloro em produtos de origem vegetal é muito comum, utilizado em uma faixa de 20 a 200 ppm, porém existe uma grande preocupação devido a formação de trihalometanos oriundos da reação entre o cloro e a matéria orgânica, e a diminuição do efeito da ação do cloro sobre os microrganismos (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009; CHEN e HUNG, 2016; AL-BLOUSHI et al., 2017; HWANG et al., 2017). Além disso, fatores ambientais e relacionados à saúde humana vêm comprometendo a utilização destes compostos, devido à ocorrência de surtos alimentares que vem colocando em dúvida a eficácia dos compostos clorados e a associação do tratamento com estes produtos relacionados com o alto consumo de água, que é um desafio para a indústria de alimentos (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009)

Como alternativa para a indesejada formação de subprodutos cancerígenos, novas técnicas de sanitização vêm sendo aplicadas em produtos de origem vegetal, como a utilização do ozônio (MONACO et al., 2016), água eletrolisada (AL-HAQ e GÓMEZ-LÓPEZ, 2012; MACHADO et al., 2016), peróxido de hidrogênio (UKUKU et al., 2012) e ácido peracético (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2012). Apesar de ser uma substância composta por cloro, a ação e os efeitos do  $\text{ClO}_2$  são diferentes dos compostos clorados e, portanto, também se configuram como uma alternativa (GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007).

### 3.3.1 Aplicação do Cloro na Pós-colheita

No processamento de vegetais, o hipoclorito de sódio é o mais utilizado como sanitizante devido ao baixo custo e por ser um forte agente oxidante (GLOWACZ e REES, 2016a). A formação do composto se dá pela adição de cloro gasoso em água, gerando ácido hipocloroso e ácido clorídrico. As concentrações aplicadas estão numa faixa de 20 a 200 ppm. Porém, é necessário ajustar o pH da solução entre 6,0 e 7,5, tanto para controlar a concentração do ácido e do íon hipoclorito, quanto para evitar a corrosão de equipamentos (CHAIDEZ et al., 2012).

O cloro pode agir sobre determinados fungos em segundos. Em *Penicillium digitatum*, causador de bolor verde em frutas cítricas, 200  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  de cloro eliminou 95% dos esporos em 180 segundos a 5 °C. Para a mesma concentração, mas a 24 °C foi necessário apenas 32 segundos. Os mesmos tratamentos em *Geotrichum citri-aurantii*, causador da podridão amarga, demoraram 31 a 108 segundos (SMILANICK et al., 2002).

No entanto, há uma preocupação crescente quanto a sua reação com a matéria orgânica, devido à formação de compostos organo-clorados (por exemplo, trihalometanos), que são altamente cancerígenos (CHEN e HUNG, 2016). Consequentemente, em alguns países da Europa seu uso já foi banido (MEIRELES et al., 2016). Diferentes amostras de vegetais prontos para consumo (cenouras, alfaces, alho, salsa, saladas mistas, rúcula e valeriana) foram avaliadas quanto à presença de trihalometanos (THMs) formados durante o processo de sanitização com compostos a base de cloro. 95% das amostras testadas deram positivo quanto à presença de THMs, com concentrações de até 1085  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (CORONEO et al., 2017).

Além dos subprodutos serem danosos à saúde, tal reação coloca em dúvida a eficácia dos compostos clorados, devido à redução de sua atividade em presença de matéria orgânica e a sua associação com alguns surtos alimentares. A água clorada reduz a carga microbiana

inicial, porém, após este processo, durante o armazenamento, o desenvolvimento microbiano pode ser rápido. Outro ponto importante é o alto volume de água utilizado no tratamento, e a sua redução é um desafio para a indústria de alimentos (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009; GLOWACZ e REES, 2016b). Portanto, os fatores citados abrem espaço para a utilização de outros compostos.

### 3.3.2 Dióxido de Cloro como Alternativa ao Cloro

A alternativa que surgiu nos últimos anos é o dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), um dos sanificantes mais eficazes para a indústria de alimentos (PARK e KANG, 2017). Este tem capacidade de oxidação 2,5 vezes maior que o cloro e também é capaz de atingir uma ampla faixa de microrganismos (PAO et al., 2007; SUN et al., 2017). Além de apresentar alto poder de oxidação, também é menos corrosivo que o cloro e o ozônio (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009). Sua dosagem também deve ser controlada para não alterar o sabor e a aparência dos produtos (AL-BLOUSHI et al., 2017; SUN et al., 2017).

Desde 1950 o  $\text{ClO}_2$  é utilizado no tratamento de água potável (PAO et al., 2007). Atualmente, é utilizado em especial para a sanitização de vegetais, por não ser afetado pelo pH, pois não é ionizável em água. Além disso, diferente dos cloros e hipocloritos, não reage com a matéria orgânica, portanto não forma subprodutos organo-halogenados. Porém, sua eficácia pode ser influenciada negativamente pela presença de luz (GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007; LEE et al., 2015). É necessário um cuidado em seu manuseio, pois é explosivo, portanto deve ser gerado *in situ* (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009).

Foram relatados diferentes aplicações do  $\text{ClO}_2$  nas quais se observou a completa inibição de *Alternaria alternata* em ensaio *in vitro* impedindo significativamente o crescimento do fungo em tomates tipo roma e tomate uva (TRINETTA et al., 2013; SUN et al., 2017). Foi relatado o aumento da vida útil de pimentões verdes quando o tratamento com  $\text{ClO}_2$  gasoso foi empregado (JIN-HUA et al., 2007). Em figo, foi inibida a podridão, causada em maior parte por *Botrytis cinerea*, sem afetar as características sensoriais da fruta (KARABULUT et al., 2009). A população de leveduras e fungos presentes em morango, mirtilo e framboesa foram reduzidos de 1,4 a 2,5, 1,4 a 4,2 e 2,6 a 3,0 log UFC.g<sup>-1</sup>, respectivamente, utilizando de 4,1 a 8,0 mg.L<sup>-1</sup> de  $\text{ClO}_2$  (SY et al., 2005). Outro estudo também feito com mirtilo observou redução de *Colletotrichum acutatum*. No grupo em que a fruta foi inoculada com 3,9 log UFC.g<sup>-1</sup> do fungo, a redução foi de 1,3 a 2,0 log UFC.g<sup>-1</sup>. No segundo grupo, sem inóculo, a carga inicial era de 4,1 log UFC.g<sup>-1</sup> e reduziu entre 1,3 e 1,7 log UFC.g<sup>-1</sup> (SUN et al., 2014).

Apesar de ser uma substância composta por cloro, a ação e os efeitos do  $\text{ClO}_2$  são diferentes dos compostos clorados. As ações do  $\text{ClO}_2$  e do cloro sobre fungos em água foram comparadas e confirmaram maior eficiência do  $\text{ClO}_2$  na inativação de esporos (WEN et al., 2017). Sua aplicação para redução de microrganismos em cenoura foi eficiente tanto para bactérias, quanto leveduras, sem afetar sensorialmente o produto, sendo uma boa alternativa para prolongar a vida útil de cenouras minimamente processadas (GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007).

Além de poder ser utilizado no tratamento pós-colheita, o  $\text{ClO}_2$  na forma gasosa pode ser aplicado em produtos com atmosfera modificada. A ação antimicrobiana do  $\text{ClO}_2$  foi confirmada em tomate uva e cereja sobre *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* e *Alternaria alternata* durante o armazenamento em atmosfera modificada, além de evitar deterioração e perda de massa, mantendo a firmeza do produto (SUN et al., 2017).

### 3.3.3 Ozônio como Alternativa ao Cloro

Uma alternativa ao uso de compostos clorados é a utilização do ozônio ( $\text{O}_3$ ), que vem sendo avaliado como um potente biocida, superando a ação dos outros princípios ativos

(FELIZIANI et al., 2016). Em 1828, o ozônio foi identificado pelo químico alemão Christian Friedrich Schönbein (ÖLMEZ, 2012) e é utilizado no tratamento de água mineral desde o século XIX (AL-BLOUSHI et al., 2017), capaz de ser aplicado em diferentes alimentos, como produtos cárneos, ovos, produtos lácteos e vegetais (AN et al., 2007). Em 1997, a Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos (FDA) declarou que o ozônio é uma substância segura para uso como sanitizante em alimentos (GARCÍA-MARTÍN et al., 2018).

Sua ação pode ocorrer na forma gasosa ou em meio aquoso, através do seu alto poder oxidante nas células dos microrganismos, superando a ação do cloro, ácido hipocloroso e peróxido de hidrogênio (ÖLMEZ, 2012), podendo ser utilizado em pequenas concentrações (1-5 ppm) e por curto período (1-5 min) (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009).

Como o ozônio é praticamente insolúvel em água, tem um curto tempo de meia vida, em torno de 20-30 minutos a temperatura ambiente, e deve ser gerado *in situ* através de um gerador. No ar, seu tempo de meia vida é de 10-12 h (FELIZIANI et al., 2016; BAI et al., 2017). O investimento inicial para aplicação do tratamento é uma de suas desvantagens, devido à aquisição do equipamento. Outro ponto negativo é a corrosão de equipamentos (RICO et al., 2007). O produto submetido ao tratamento com ozônio é praticamente livre de resíduos, já que sua decomposição resulta em oxigênio (TOTI et al., 2018), conferindo maior vantagem aos demais sanitizantes.

O ozônio, apesar de ser um constituinte comum da atmosfera terrestre, é um gás tóxico de odor característico. Se inalado, pode causar danos à saúde, como dores de cabeça. A *World Health Organization* (WHO) permite trabalhar durante um período de 8 horas com a concentração de 0,06 ppm de ozônio, sendo que o ideal é que não fique ozônio no ambiente. A inalação do gás pode causar danos à saúde e a primeira região a ser atingida é o trato respiratório, podendo causar dor de cabeça, tontura, sensação de queimadura na vista e na garganta, tosse ou até levar a morte. Algumas pessoas são mais sensíveis e tem a capacidade de sentir o odor com mais facilidade, detectam concentrações entre 0,02 e 0,04 ppm. Porém, a exposição prolongada a essas concentrações pode causar danos como a concentração de 1,0 ppm, demonstrando necessidade de controle (MILLER et al., 2013; SILVA e SOUZA, 2016).

Deve-se evitar o uso do tratamento em produtos com injúrias ou cortes na superfície, pois o ozônio reage rapidamente com a matéria orgânica formando compostos organoclorados, o que pode interferir na finalidade do tratamento (GLOWACZ e REES, 2016a).

Entretanto, deve ser avaliado se após a sua aplicação há diferença em alguns aspectos do alimento, como cor, compostos antioxidantes, etc, devido ao seu alto poder oxidativo (ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009; KARACA e VELIOGLU, 2014). Já foram relatadas alterações nas folhas de alface após a sua utilização (KIM et al., 2006; BERMÚDEZ-AGUIRRE e BARBOSA-CÁNOVAS, 2013). Entretanto, outra vantagem da sanitização por ozonização é que esta tecnologia é compatível em produtos oriundos de sistemas orgânicos de produção, ou seja, alimentos orgânicos tratados com ozônio podem ser rotulados como orgânicos (SOUZA et al., 2018).

No Quadro 1 está sumarizado o emprego dos sanitizantes cloro, dióxido de cloro e ozônio em diversos produtos e no Quadro 2 são apresentadas as vantagens e desvantagens dos seus respectivos usos.

**Quadro 1.** Emprego de sanitizantes na redução de patologias pós-colheita

<b>MÉTODOS</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
Cloro	Ação tóxica aos fungos <i>Penicillium digitatum</i> e <i>Geotrichum citri-aurantii</i>	(SMILANICK et al., 2002)
	Redução da incidência de podridão da coroa em bananas, causada por <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	(ALVINDIA et al., 2004)
	Não foi eficiente na redução da incidência de antracnose em abacates	(FISCHER et al., 2011)
	Redução na incidência de podridão em nectarinas	(BERNAT et al., 2017)
Dióxido de Cloro	Redução de fungos e leveduras em morangos, mirtilo e framboesa	(SY et al., 2005)
	Inibição da podridão em pimentão verde	(JIN-HUA et al., 2007)
	Inibição da podridão causada por <i>Botrytis cinerea</i> em figos	(KARABULUT et al., 2009)
	Inibição do crescimento de <i>Alternaria alternata</i> em tomate tipo romã	(TRINETTA et al., 2013)
	Redução da incidência de <i>Colletotrichum acutatum</i> em mirtilo	(SUN et al., 2014)
	Ação antimicrobiana sobre <i>Alternaria alternata</i> em tomate uva	(SUN et al., 2017)
Ozônio	Redução da incidência de fungos em amoras	(BARTH et al., 1995)
	Inibição de desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Mucor piriformis</i> e <i>Penicillium expansum</i>	(PALOU et al., 2002)
	A incidência de <i>Penicillium digitatum</i> e <i>Geotrichum citruaurantii</i> não foi inibida em limões, laranjas e toranjas	(SMILANICK et al., 2002)
	Redução na produção de esporos e da lesão causada por <i>Botrytis cinerea</i> em tangerinas	(TZORTZAKIS et al., 2007)
	Redução de lesões causadas por <i>Alternaria alternata</i> e <i>Colletotrichum coccodes</i> em tomates	(TZORTZAKIS et al., 2008)
	Redução da lesão causada por <i>Botrytis cinerea</i> em maçãs	(SHARPE et al., 2009)

**Quadro 2.** Emprego de sanitizantes na redução de patologias pós-colheita (Continuação)

Ozônio	Redução de mofo cinzento, causado por <i>Botrytis cinerea</i> , em uvas	(GABLER et al., 2010)
	Retardo e redução na incidência de <i>Botrytis cinerea</i> em kiwi	(MINAS et al., 2010)
	Inibição do crescimento de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	(ONG et al., 2013)
	Redução da incidência de <i>Botrytis cinerea</i> em uvas	(FELIZIANI et al., 2014)
	Redução na incidência de doenças fúngicas em pimentas vermelhas	(GLOWACZ E REES, 2016b)
	Inibição do desenvolvimento de <i>Penicillium italicum</i> em laranja valencia	(GARCÍA-MARTÍN et al., 2018)

**Quadro 3.** Vantagens e desvantagens entre os sanitizantes - cloro, dióxido de cloro e ozônio

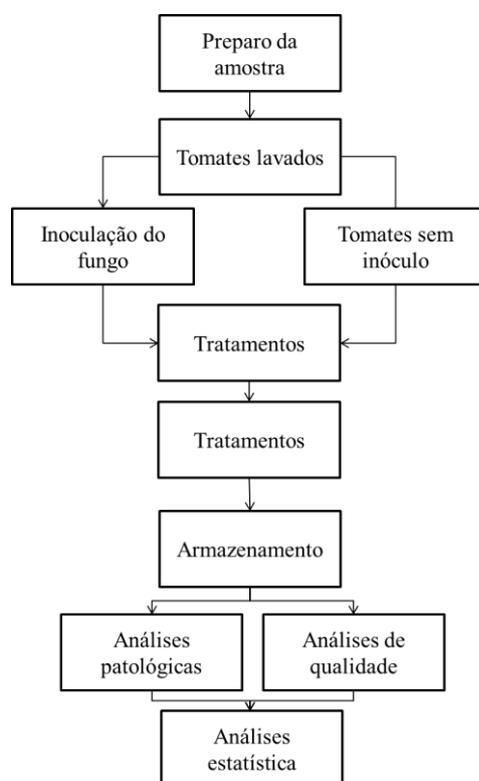
Sanitizante	Vantagem	Desvantagem	Referências
Cloro	Baixo custo; forte agente oxidante; facilidade de aplicação; fácil acesso.	Reage com a matéria orgânica; o pH deve ser controlado; formação de subprodutos potencialmente cancerígenos; corrosivo.	(ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009; CHAIDEZ et al., 2012; CHEN e HUNG, 2016; GLOWACZ e REES, 2016b)
Dióxido de cloro	Maior capacidade oxidante; reage menos com a matéria orgânica; menos corrosivo que o cloro e o ozônio; pode ser usado em menores concentrações, menos propenso a formação de produtos cancerígenos.	Degrada sob exposição à luz solar; instável - deve ser gerado <i>in situ</i> ; pode alterar sabor e aparência dos produtos se utilizado em alta dosagem.	(GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007; GÓMEZ-LÓPEZ, 2009; ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009; LEE et al., 2015; AL-BLOUSHI et al., 2017; SUN et al., 2017)
Ozônio	Não requer altas concentrações comparadas ao hipoclorito de sódio; forte oxidante; se decompõe em oxigênio; aprovado pelo FDA para ser utilizado pela indústria de alimentos.	É instável; gerado <i>in situ</i> ; alto custo inicial; sensível à matéria orgânica; corrosivo a equipamentos; pode causar alterações físico-químicas nos alimentos; tóxico se inalado.	(GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007; Rico et al., 2007; ÖLMEZ e KRETZSCHMAR, 2009; KARACA e VELIOGLU, 2014; FELIZIANI et al., 2016; SILVA e SOUZA, 2016; BAI et al., 2017; GARCÍA-MARTÍN et al., 2018; SOUZA et al., 2018; TOTI et al., 2018)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os ensaios foram realizados na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro.

Os tomates do tipo italiano da cultivar *ravena* utilizados no experimento foram comprados junto a um produtor de tomate, em Tanguá, no Estado do Rio de Janeiro, que cultiva sob o sistema TOMATEC, uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa que seleciona as flores fecundadas das plantas protegendo os frutos e racionalizando o uso de agroquímicos.

O processo ocorreu nas seguintes etapas: preparo das amostras de tomate *in natura*, inoculação dos fungos, tratamentos sanitizantes, drenagem, armazenamento e análises patológicas, físicas, químicas e físico-químicas e estatística (Figura 3).



**Figura 3.** Fluxograma do experimento

### 4.1 Preparo das Amostras

As amostras de tomate tipo italiano (Figura 4) foram selecionados na planta de pós-colheita de acordo com as seguintes características: sem lesões, coloração vermelha e de tamanho uniforme. Em seguida, foram lavados em água corrente para retirada de sujidades grosseiras.



**Figura 4.** Tomates selecionados de cor e tamanhos uniformes

## **4.2 Isolamento e Inoculação dos Fungos**

Tanto para *Alternaria solani* quanto para *Alternaria alternata*, foram realizados os mesmos procedimentos. Os fungos foram obtidos da Embrapa Hortaliças e reinoculados nos frutos através da sua replicação. Foram isolados em meio BDA e incubados a uma temperatura de 25 °C. Para a inoculação dos fungos, 30 tomates foram utilizados. A inoculação foi realizada utilizando uma seringa de 04 mm de comprimento e 0,7 mm de diâmetro. Dois furos foram feitos com a agulha contaminada próximo ao pedúnculo e dois furos opostos nas laterais. Como descrito por TZORTZAKIS et al. (2008), com alterações.

## **4.3 Tratamentos**

Os tomates infectados com cada inóculo foram separados em quatro grupos, sendo três grupos submetidos a tratamentos com sanitizantes e um controle (apenas lavados com água corrente). O mesmo procedimento realizado para os tomates sem inóculos, foi utilizado para as análises de qualidade.

### **4.3.1 Cloro**

Para o tratamento com cloro orgânico, foi utilizado o Sumaveg®. O tratamento com cloro foi realizado de acordo com as instruções do fabricante, através da imersão dos frutos em solução aquosa de cloro orgânico em recipientes de aço inoxidável, com concentração de 150 mg L<sup>-1</sup>, por 10 minutos.

### **4.3.2 Ozônio**

O tratamento com ozônio aquoso foi realizado como descrito por Ogawa et al. (1990), com adaptações, em recipientes de polietileno retangular com tampa do mesmo material, previamente sanitizados com álcool 70%, com fechamento hermético e borrachas entre a tampa e a caixa, como apresentado na figura 5. Foram usados recipientes adaptados com dois orifícios na tampa para o encaixe de uma mangueira de silicone em cada, possibilitando em um orifício a entrada do O<sub>3</sub> e no outro a exaustão do gás.



**Figura 5.** Sistema de tratamento com ozônio

O gás ozônio foi obtido através do gerador de ozônio O&LM, desenvolvido pela empresa Ozone & Life<sup>®</sup>, São José dos Campos, SP. O equipamento é capaz de produzir  $3,0 \text{ g.O}_3.\text{h}^{-1}$ , sendo possível regular a concentração manualmente através do dosador de frequência contendo 10 posições e do regulador de fluxo de oxigênio. Para a geração do gás ozônio, foi utilizado o oxigênio ultrapuro submetido a um processo eletroquímico, através de um difusor, até atingir a concentração de a ser utilizada. Para monitoramento desta, foi utilizado um analisador de ozônio, Fotômetro (SAM Ozônio I-2019) em conjunto com o kit analítico fotométrico (K-7423) (Figura 6).



**Figura 6.** Fotômetro para monitoramento da concentração de ozônio na solução

Os tomates foram sanitizados ao serem imersos em água ozonizada sob fluxo contínuo. Foram 03 tomates para cada 2 L de água, devido ao tamanho dos frutos. O tratamento ocorreu em um período de exposição de 10 minutos e concentração de  $3,8 \pm 0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ .

#### **4.3.3 Dióxido de cloro**

Para o preparo da solução do dióxido de cloro, foi utilizado o Dioxiplus, em que foi utilizada a instrução de preparo do fabricante. Foi utilizada concentração de  $1,0 \text{ mL.L}^{-1}$  de

ClO<sub>2</sub>. Os tomates ficaram imersos na solução em recipiente de aço inoxidável, por 15 minutos.

#### 4.4 Drenagem

Após cada tratamento, os tomates foram transferidos para uma bandeja plástica própria para armazenamento de frutos, recoberta com papel toalha (Figura 7). Os frutos ficaram expostos ao ar, em temperatura ambiente, por 40 minutos, até secagem.



**Figura 7.** Secagem dos tomates em bandeja plástica e papel toalha após os tratamentos

#### 4.5 Armazenamento

Após a drenagem, as amostras inoculadas foram acondicionadas em embalagens plásticas (Figura 8) e armazenadas em incubadoras B.O.D por 6 dias a 25 °C, para avaliação do crescimento microbiano.



**Figura 8.** Tomates inoculados com *Alternaria solani* acondicionados em embalagem plástica

Os tomates sem inóculos foram mantidos sobre uma mesa de aço inoxidável, a temperatura média de 23 °C e 86% UR (Figura 9).



**Figura 9.** Tomates sem inóculo, identificados, mantidos sobre mesa de aço inoxidável a temperatura média de 23 °C e 86% UR

## 4.6 Análises Patológicas

### 4.6.1 Índice de patógenos

Para avaliar a ação dos sanitizantes no tomate em relação ao crescimento de fitopatógenos, foi utilizado o método descrito por Coelho et al. 2015, com adaptações. Os frutos foram analisados visualmente no laboratório de micologia da Embrapa, diariamente, quanto ao aparecimento de lesões, para determinação do índice de contaminação (I) através da Equação 01.

$$I = \frac{NFD}{NTF} \times 100 \quad (01)$$

Onde:

I= Índice de patógenos (%); *NFD* = Número de frutos doentes e *NTF* = Número total de frutos.

### 4.6.2 Avaliação do crescimento dos fungos

Os fungos foram avaliados diariamente, após os tratamentos, durante 06 dias. Foi medido o diâmetro do fungo que demonstrou crescimento, tanto nas laterais quanto no pedúnculo.

## 4.7 Análises Físicas, Químicas e Físico-químicas

Os tomates foram avaliados imediatamente após os tratamentos e a cada 03 dias, durante o período de 09 dias de armazenamento.

### 4.7.1 Perda de massa

Os frutos foram separados e lavados em água corrente para avaliar a sua perda de massa. Os tomates foram pesados no dia da sua recepção e durante os 10 dias de armazenamento. Para o cálculo da perda de massa fresca, expressa em porcentagem, de acordo com a Equação 02:

$$PM = \left( \frac{Pi - Pp}{Pi} \right) \times 100 \quad (02)$$

Onde:

PM = perda de massa (%); Pi = peso inicial dos frutos (g); Pp = peso no período (g).

#### **4.7.2 Firmeza**

O penetrômetro de bancada TA.XT.plus – *Texture analyses* foi utilizado para acompanhamento da firmeza. Foi utilizada ponteira de 2 mm, sendo realizadas duas leituras em pontos opostos de cada fruto, sendo três frutos por amostra e três repetições, totalizando em nove frutos por tratamento. O valor obtido para se determinar a firmeza em Newtons (N) é definido como a força máxima de resistência à penetração no fruto.

#### **4.7.3 Cor**

Para a análise instrumental de cor foi utilizado o colorímetro digital Minolta (CR-400). Nos mesmos frutos em que foi feita a análise de firmeza, foi realizada a análise de cor, ou seja, três frutos por amostra e três repetições, totalizando em nove frutos por tratamento. Para medida do sistema tridimensional L\* a\* b\*, onde L\* indica a luminosidade que varia entre valor 0 (para uma amostra preta; mínima refletância) e 100 (amostra branca; máxima refletância), a\* consiste no eixo que vai do verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos) e o b\* que vai do azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos).

Para as avaliações a seguir, os tomates foram triturados em um processador e congelados para posterior análise físico-química.

#### **4.7.4 pH**

Determinado por potenciometria, por meio do titulador automático 794 Basic Titrino - Metrohm (ISO 1842, 1991).

#### **4.7.5 Acidez total titulável (ATT)**

Determinada através de um titulador automático 794 Basic Titrino - Metrohm, com NaOH, até pH 8,1. Os resultados foram expressos em g de ácido ascórbico.100g<sup>-1</sup> de amostra (ISO 750, 1998).

#### **4.7.6 Sólidos solúveis totais (SST)**

Esta determinação foi realizada utilizando um refratômetro digital. Os resultados expressos em °Brix (ISO 2173, 2003).

#### **4.7.7 Capacidade antioxidante**

##### **4.7.7.1 Preparo do extrato**

O extrato foi obtido de acordo com a metodologia descrita por Rufino et al, (2007). Para a avaliação da capacidade antioxidante, foi realizada uma extração prévia em metanol 50% por 30 minutos em ultrassom e centrifugação a 2000 rpm por 20 minutos, para a separação das fases. O sobrenadante foi recolhido para balão volumétrico âmbar. Em seguida, o mesmo procedimento foi realizado, com a adição de acetona 70% ao precipitado. O extrato resultante foi utilizado para a avaliação da capacidade antioxidante pelos métodos ORAC (Capacidade de absorção dos radicais de oxigênio) e TEAC (Capacidade antioxidante equivalente ao trolox).

##### **4.7.7.2 Capacidade de absorção dos radicais de oxigênio (ORAC)**

O ensaio ORAC foi realizado de acordo com o método descrito em Zuleta et al. (2009). As soluções de fluoresceína, o padrão Trolox (ácido 6-hidroxi-2-5-7-8-tetrametilcromo2-carboxílico) e a solução de AAPH (Dicloridrato de 2,2 Azobis(2-

metilpropionamida)) foram preparadas no dia da análise. Em uma microplaca de 96 poços foram adicionados 100 µL do padrão, da amostra diluída 100 vezes e do branco (tampão Fosfato 75 mM pH 7,4). Em seguida foram adicionados 100 µL da solução de fluoresceína. A microplaca foi colocada no leitor, e acrescentado 50 µL da solução de AAPH a 37°C. A leitura da fluorescência foi realizada até que o valor de 5% da fluorescência inicial fosse alcançada. Para os cálculos foi utilizado a área sobre a curva (AUC) das amostras, os resultados foram expressos em µmol Trolox/g do extrato.

Em paralelo aos extratos, uma curva padrão de trolox foi elaborada nas seguintes concentrações: 10,0 µM, 20,0 µM, 30,0 µM, 40,0 µM, 60,0 µM, 80,0 µM, 100,0 µM, 120,0 µM.

#### **4.7.7.3 Capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC)**

A capacidade antioxidante avaliada pelo método TEAC foi feita pelo método de Re et al. (1999). Para cada 30 µL dos extratos, foram adicionados 3 mL da solução de radical ABTS<sup>+</sup> (ácido 2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) diamônio) diluído e homogeneizados em vortex. Após 6 minutos da adição do radical, foi verificada a absorvância utilizando espectrofotômetro Sperscord 205 ajustado para 734 nm. Em paralelo aos extratos, uma curva padrão de Trolox foi elaborada nas seguintes concentrações: 98 µM, 195 µM, 391 µM, 586 µM, 977 µM, 1172 µM, 1367 µM.

#### **4.7.8 Carotenoides totais**

##### **4.7.8.1 Extração dos carotenoides**

Através do método de Rodriguez-Amaya, (2001), foi feita a extração para determinação do teor de carotenoides totais. Um grama foi das amostras de cada tratamento foi pesado em balança analítica e transferido para um graal com a mesma quantidade de celite. Como solvente, para a extração exaustiva dos carotenoides, foram utilizados 30 mL de acetona. Foi realizada a maceração e a mistura foi filtrada à vácuo em funil de placa sinterizada em um kitassato de 500 mL. O extrato foi transferido para um funil de separação contendo 30 mL de éter de petróleo. Para a remoção da acetona e transferência dos carotenoides para o solvente, foi realizada a lavagem com água destilada por seis vezes. Após as lavagens, as fases foram separadas entre extrato de éter de petróleo (fase superior) e água (fase inferior), sendo esta descartada. O extrato resultante foi filtrado em funil com algodão e sulfato de sódio para balão volumétrico de 50 mL, no qual o volume foi atingido pela adição de éter de petróleo.

##### **4.7.8.2 Determinação do teor de carotenoides**

A determinação do teor de carotenoides das amostras foi realizada em espectrofotômetro Sperscord 205 regulado a um comprimento de onda de 470 nm.

#### **4.8 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O delineamento estatístico empregado foi o inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e três repetições por tratamento, onde cada repetição foi representada por uma bandeja contendo três frutos. Para as avaliações das características físicas de coloração e firmeza foram utilizados nove frutos por tratamento em cada dia de análise, sendo três frutos por repetição. Para a avaliação de perda de massa fresca, foram utilizados nove frutos. Para as análises físico-químicas, foram utilizados três frutos com três repetições, totalizando nove frutos por parcela, para cada dia de avaliação.

Para avaliação de incidência de *Alternaria* e acompanhamento do crescimento do fungo, foram realizados quatro tratamentos para cada fungo, cada um com seis tomates, totalizando 48 tomates.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa Statistica, versão 6.0 (2001) (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA). Foi aplicado o Teste *Tukey* quando detectada diferença entre os tratamentos, ao nível de 5% de significância. Os resultados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão (DP).

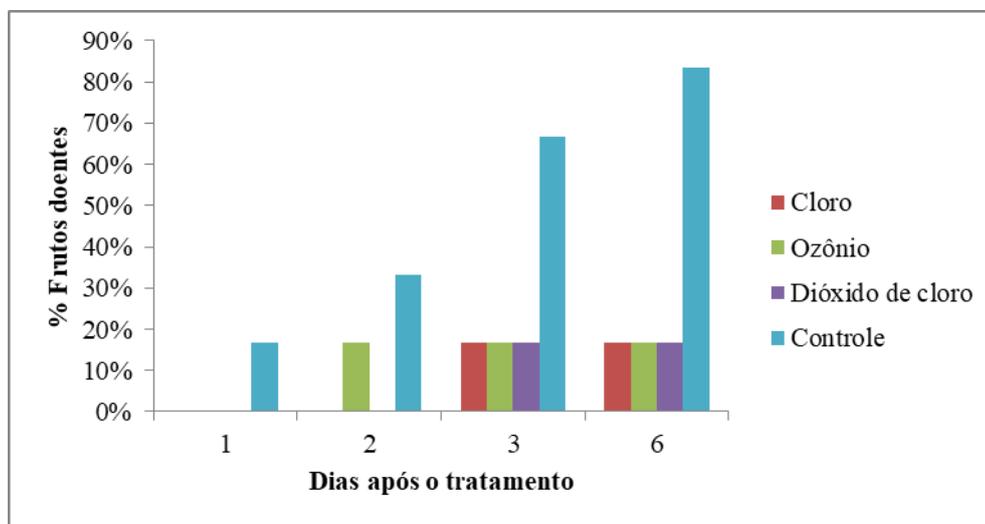
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Anexo A constam as tabelas de resultados para acompanhamento da discussão dos resultados.

### 5.1 Análises Patológicas

#### 5.1.1 Incidência de *Alternaria alternata* e *Alternaria solani*

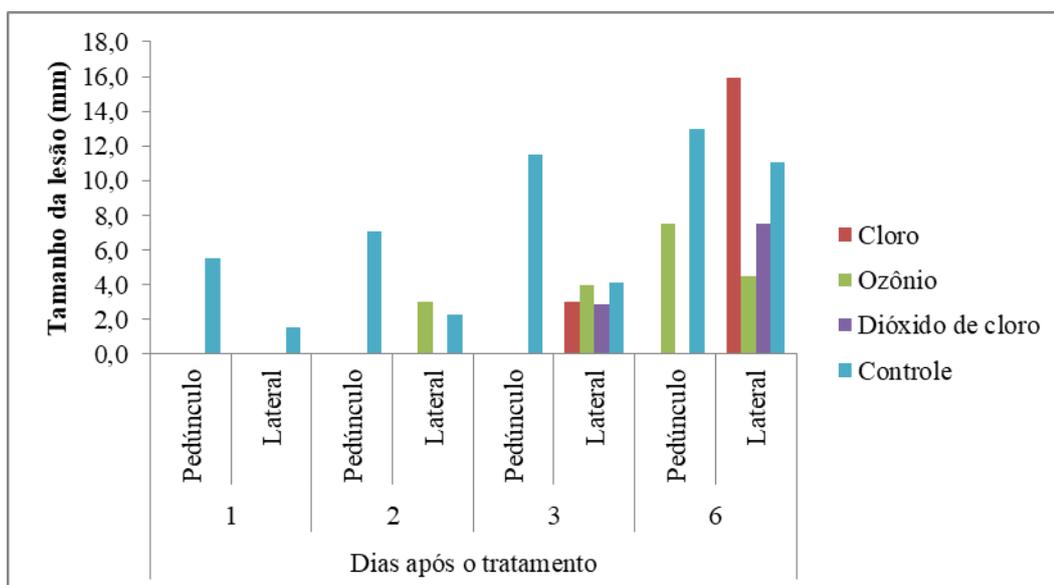
Todos os tratamentos tiveram menor incidência de *Alternaria alternata* comparados ao tratamento controle (Figura 10). Os tomates ozonizados foram os primeiros a apresentar crescimento do fungo seguido pelo tratamento controle, e manteve o índice de crescimento constante. Apesar do resultado, Tzortzakis et al. (2008) avaliaram diferentes concentrações de ozônio gasoso (0,005 a 5,0  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) sobre *Alternaria alternata* e *Colletotrichum coccodes* em tomates. Mesmo em baixas concentrações foi observado efeito positivo significativo no desenvolvimento de lesões. Uvas armazenadas em câmaras com diferentes concentrações de ozônio também apresentaram crescimento de *Alternaria* spp. e *Penicillium* spp. (FELIZIANI et al., 2014).



**Figura 10.** Percentual de frutos que apresentaram mancha de alternária produzida por *Alternaria alternata*, armazenados em BOD a 25 °C durante 06 dias

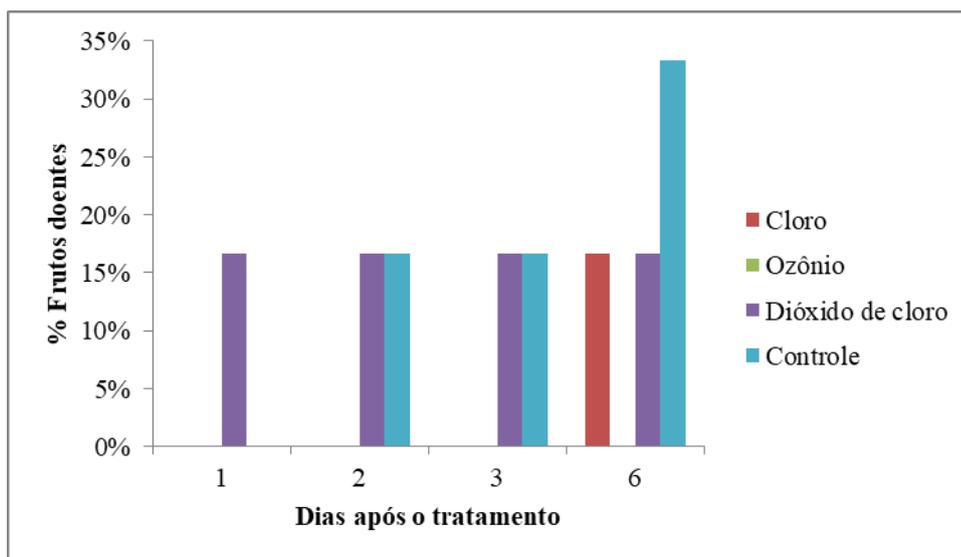
Os tratamentos sanitizantes na forma gasosa e aquosa podem agir com diferentes intensidades sobre os produtos, tendo em vista que gases tem maior penetrabilidade em pequenas áreas. Portanto, a forma gasosa é mais indicada para alimentos com superfícies rugosas. Da mesma maneira, diferentes concentrações também podem gerar diferentes resultados como relatado por Glowacz e Rees (2016a), os quais submeteram pimentas vermelhas e verdes a três concentrações de ozônio (0,45, 0,9 e 2  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ), obtendo redução das doenças por fungos nas duas concentrações mais baixas, pois a de maior concentração apresentou o tecido danificado após o tratamento sanitizante, o que facilitou a infecção.

A ação do cloro foi semelhante ao dióxido de cloro sobre *Alternaria alternata*, iniciando o seu crescimento a partir do terceiro dia atingindo menos que 20% dos frutos doentes no último dia. Apesar de apresentarem o mesmo índice, o ClO<sub>2</sub> apresentou melhor resultado sobre *Alternaria alternata* devido ao maior efeito sobre o fungo, por apresentar lesões menores no último dia de acompanhamento (Figura 11). Islam et al. (2017) também observaram que o ClO<sub>2</sub> gasoso (5 ppm) quando comparado com o hipoclorito de sódio (150 ppm), apresentou-se mais eficiente, pois menores incidências de fungos (18,75% e 25%) foram reportadas. Em outro estudo também foi possível confirmar a excelente ação do ClO<sub>2</sub> (4 ppm) em tomates uva e cereja inoculados com *Alternaria alternata* durante o armazenamento sob atmosfera modificada (SUN et al., 2017). No nosso trabalho, o maior efeito sobre o tamanho das lesões pode ser devido ao maior poder oxidante do dióxido de cloro em comparação ao hipoclorito.



**Figura 11.** Tamanho da lesão em mm causada por *Alternaria alternata*

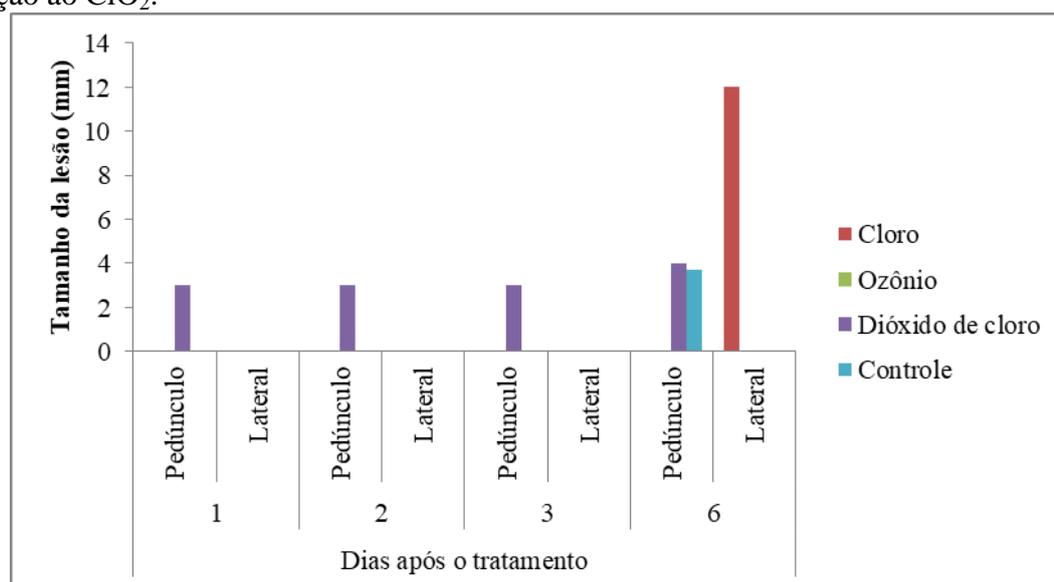
Quanto aos tomates inoculados com *Alternaria solani*, o ozônio apresentou o melhor efeito, por não apresentar incidência do fungo durante os seis dias após o tratamento (Figura 12). A quantidade de frutos doentes tratados com dióxido de cloro se manteve constante em todo o período, mas com deterioração no primeiro dia após o tratamento. Arango et al. (2016) também não observaram o efeito do dióxido de cloro sobre o crescimento de *Botrytis cinerea* em morangos.



**Figura 12.** Percentual de frutos que apresentaram crescimento de *Alternaria solani*, armazenados em BOD a 25 °C durante 06 dias

Apesar de ter apresentado a pior ação sobre *Alternaria solani*, foi relatada ação eficaz do dióxido de cloro em pimentões verdes armazenados em embalagens com diferentes concentrações de  $\text{ClO}_2$ , a incidência de podridão foi observada após o décimo dia de armazenamento. No 40º dia, o índice de podridão foi 50% menor que o controle (sem  $\text{ClO}_2$ ) (JIN-HUA et al., 2007). Assim, com seu uso foi possível inibir completamente o crescimento de fungos aplicando concentrações de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $\text{ClO}_2$  por 03 minutos em ensaio *in vitro*, impedindo significativamente o crescimento deste microorganismo em tomate tipo romã, na mesma concentração por sete minutos (TRINETTA et al., 2013).

O tratamento com cloro apresentou incidência de doença apenas no sexto dia e somente na região equatorial dos frutos (Figura 13), mas apresentou maiores lesões em comparação ao  $\text{ClO}_2$ .



**Figura 13.** Tamanho da lesão em mm causada por *Alternaria solani*

Na literatura, é possível encontrar diversos trabalhos sobre aplicação de sanitizantes em frutas e hortaliças para a redução de uma gama de fungos pós-colheita. Entretanto, houve

uma dificuldade de encontrar estudos que relacionem os tratamentos aplicados e a presença de *Alternaria solani*.

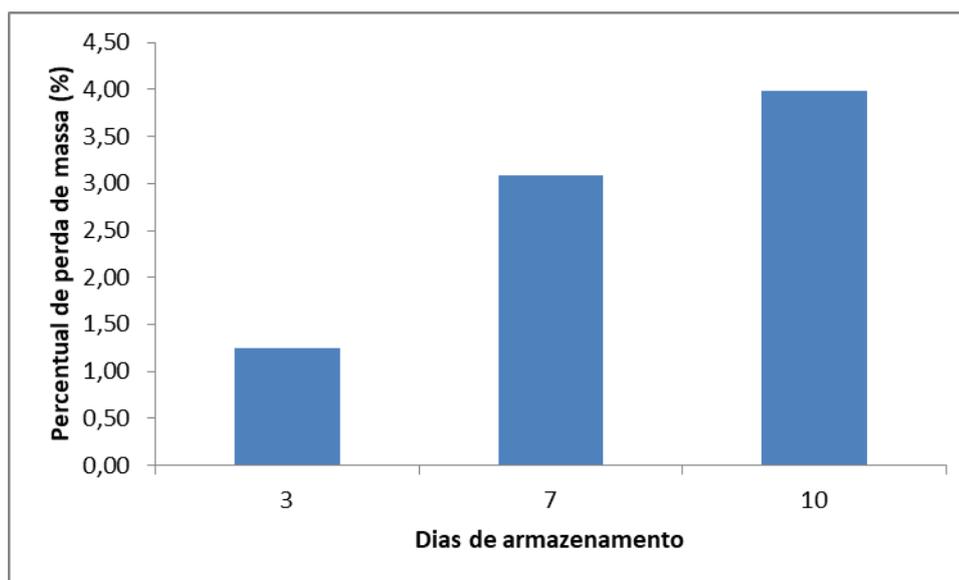
Em nosso trabalho, para além do aparecimento das lesões de alternaria, ainda foi possível observar o crescimento de *Rhizopus*, mesmo sem inoculação do fungo. É comum o tomate vir do campo infectado pelo fungo, portanto o processo de lavagem é uma das maneiras de controlar o desenvolvimento deste (HAHN, 2006), bem como as condições de higienização do *packing house*.

## 5.2 Análises Físicas, Químicas e Físico-químicas

Para as análises a seguir, os tomates tratados com cloro se deterioraram entre o sexto e o nono dia de acompanhamento, o que impossibilitou a obtenção e comparação de resultados do último dia.

### 5.2.1 Perda de massa

No décimo e último dia de acompanhamento, o percentual médio de massa perdida foi de aproximadamente 4% (figura 14). Resultado semelhante foi encontrado por Venta et al. (2010), em que tomates não tratados e armazenados a 27 °C e 60% UR apresentaram no oitavo dia de armazenamento 4,16% de perda de peso.



**Figura 14.** Perda de massa fresca (%) de tomates lavados em água corrente, armazenados por 10 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

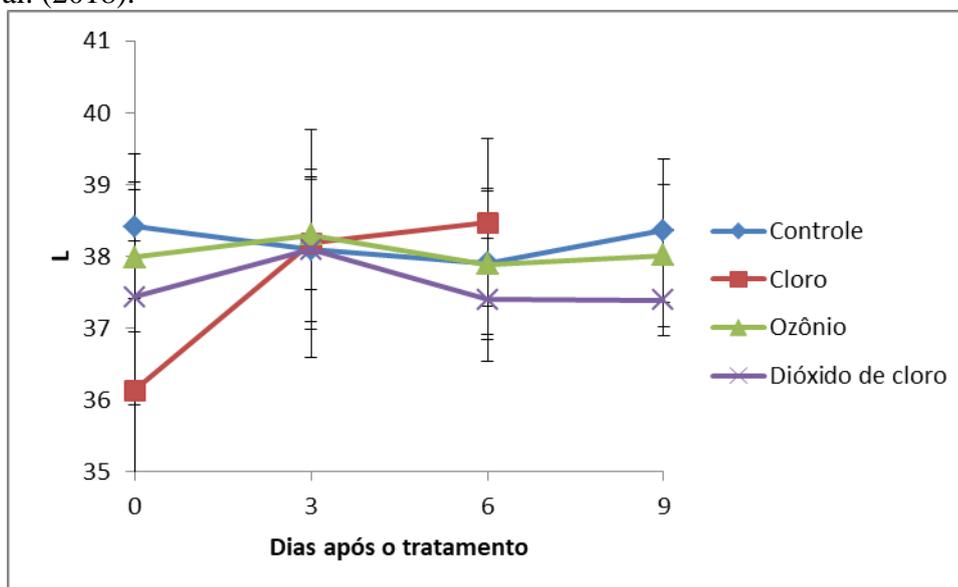
Perdas entre 3 e 6% podem influenciar na qualidade dos produtos vegetais (CHITARRA e CHITARRA, 2005), mas no presente trabalho o valor encontrado não foi suficiente para afetar a aparência dos tomates.

### 5.2.2 Cor

Os parâmetros L\*, a\* e b\* compõem coordenadas que indicam a coloração do alimento quantitativamente. L\* indica a luminosidade, podendo variar de zero (preto) até 100 (branco) e os parâmetros a\* e b\* variam entre valores negativos até positivos, indicando as faixas de coloração verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente (MCGUIRE, 1992).

Ao longo do armazenamento, apenas para os tomates tratados com cloro apresentaram variação significativa na luminosidade (L\*) do primeiro para o terceiro dia de análise (Figura 15), ou seja, houve clareamento da coloração neste período. Porém como a coloração é

definida pelos três parâmetros, tal variação causada pelo hipoclorito pode não ser observada visualmente pelos olhos de um consumidor, por exemplo, mas apenas pela avaliação por equipamento. Semelhante aos resultados obtidos, Bermúdez-Aguirre e Barbosa-Cánovas (2013) não observaram efeitos na coloração de tomates tratados com 5 ppm de ozônio, assim como em cenouras tratadas com ozônio aquoso (0-10 mg.L<sup>-1</sup>) ou gasoso (0-5 mg.L<sup>-1</sup>) por Souza et al. (2018).

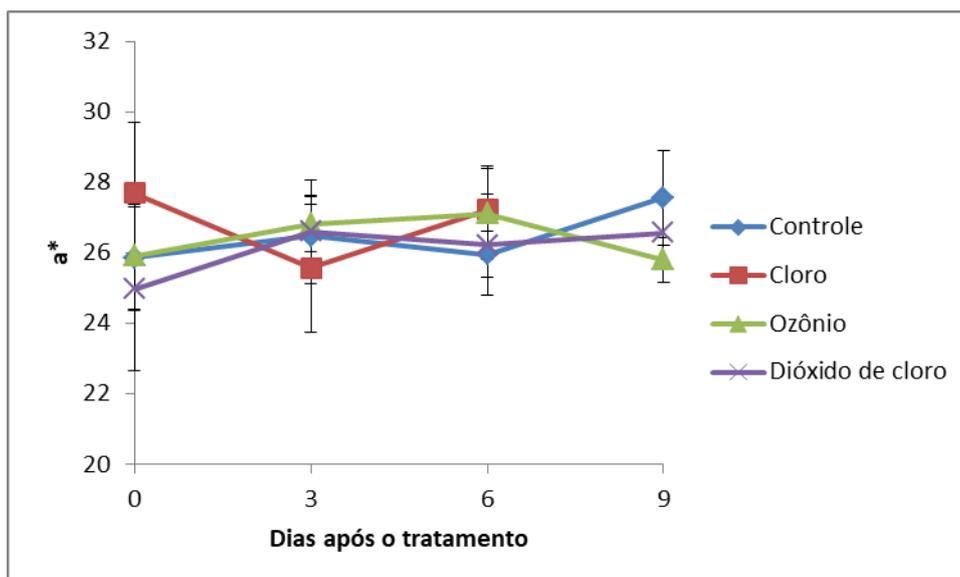


**Figura 15.** Cor instrumental (L\*) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Na literatura podem ser encontradas diferentes ações dos sanitizantes sobre os parâmetros citados. Em estudo feito por Vandekinderen et al. (2008), cenouras tratadas com cloro e água não apresentaram diferença significativa entre si nos três parâmetros de cor (L\*, a\* e b\*). Diferente do resultado obtido no presente trabalho, em fatias de kiwis, houve uma redução de L\* ao serem submetidas ao ozônio, cloro e água (BEIRAO-DA-COSTA et al., 2014).

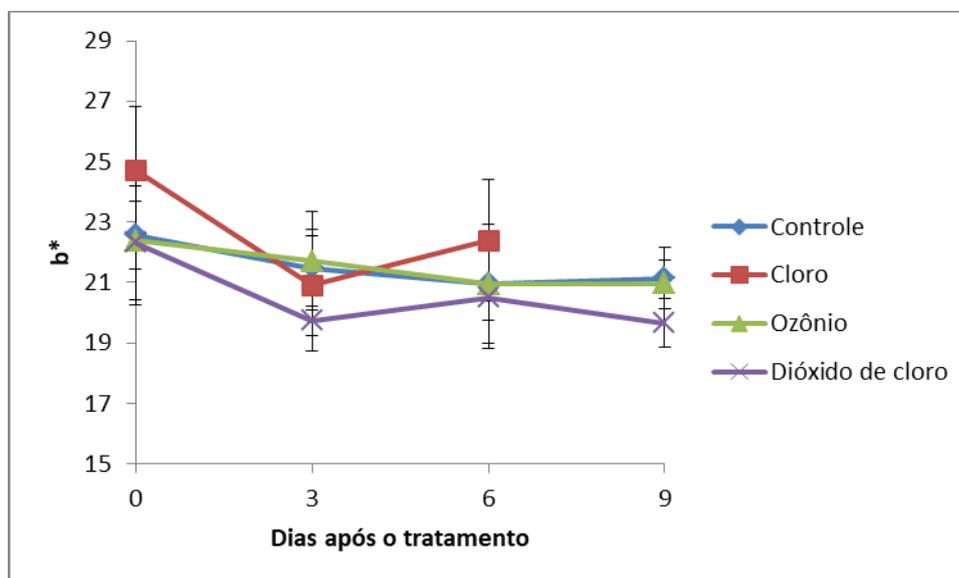
Pimentas vermelhas expostas a 2  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$  de ozônio apresentaram valores de a\* e b\* significativamente mais altos do que o controle, após 14 dias de armazenamento. As pimentas verdes expostas a doses mais baixas (0,45 e 0,9  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) apresentaram maior valor de L\* após 14 dias (GLOWACZ e REES, 2016a). A oxidação da clorofila pode aumentar o valor de L\*, causando um branqueamento do alimento (TRINETTA et al., 2013), fato que não ocorre no tomate maduro, por ter como pigmento majoritário o licopeno.

De acordo com os resultados do parâmetro a\* (Figura 16), todos os tomates se encontravam em valores próximos do vermelho, tendo em vista que os valores próximos a zero indicam coloração cinza e os mais positivos a coloração vermelha.



**Figura 16.** Parâmetro a\* em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Todos os tratamentos aplicados resultaram na redução do valor do parâmetro b\* ao longo do armazenamento, ou seja, uma redução da tonalidade amarela (Figura 17). Tanto a redução de b\*, quanto a variação de a\* podem estar diretamente relacionados ao aumento do teor de carotenoides totais dos tomates, que será relatado nos próximos tópicos. Foi possível observar que os resultados dos tomates ozonizados quanto ao parâmetro b\* foi semelhante ao do controle, em que ambos apresentaram redução da tonalidade amarela.



**Figura 17.** Parâmetro b\* em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

De acordo com os resultados obtidos e os trabalhos citados, pode-se concluir que os parâmetros de coloração avaliados podem variar de acordo com a concentração e o modo de ação dos agentes sanitizantes, assim como podem variar de acordo com o estágio de maturação ou coloração dos frutos ou hortaliças. Entre os agentes o que se aproximou mais do

controle, que não houve tratamento, foi o ozônio, por ter apresentado valores próximos a este tratamento.

### 5.2.3 Firmeza

A firmeza é um dos principais atributos de qualidade na comercialização de frutas e hortaliças observada pelos consumidores e está relacionada ao estágio de maturação do vegetal (VENTA et al., 2010; SUN et al., 2017). Alguns fatores podem influenciar na firmeza dos frutos, como alterações bioquímicas, tamanho, manuseio inadequado e utilização imprópria do aparelho de medição (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Neste trabalho, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 1), ou seja, tiveram o mesmo comportamento que os tomates lavados em água corrente. Este fato indica que os agentes sanitizantes não interferiram na firmeza dos frutos.

**Tabela 1.** Firmeza (N) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	5,29 ± 0,42 Aa	5,41 ± 0,56 Aa	4,33 ± 0,69 Aa	4,82 ± 0,41 Aa
Cloro	5,00 ± 0,60 Aa	4,83 ± 0,16 Aa	5,18 ± 0,67 Aa	
Ozônio	4,76 ± 0,18 Ba	5,88 ± 0,41 Aa	4,70 ± 0,26 Ba	4,80 ± 0,36 Ba
Dióxido de cloro	4,89 ± 0,50 Aa	4,88 ± 0,42 Aa	4,69 ± 0,39 Aa	5,10 ± 0,64 Aa

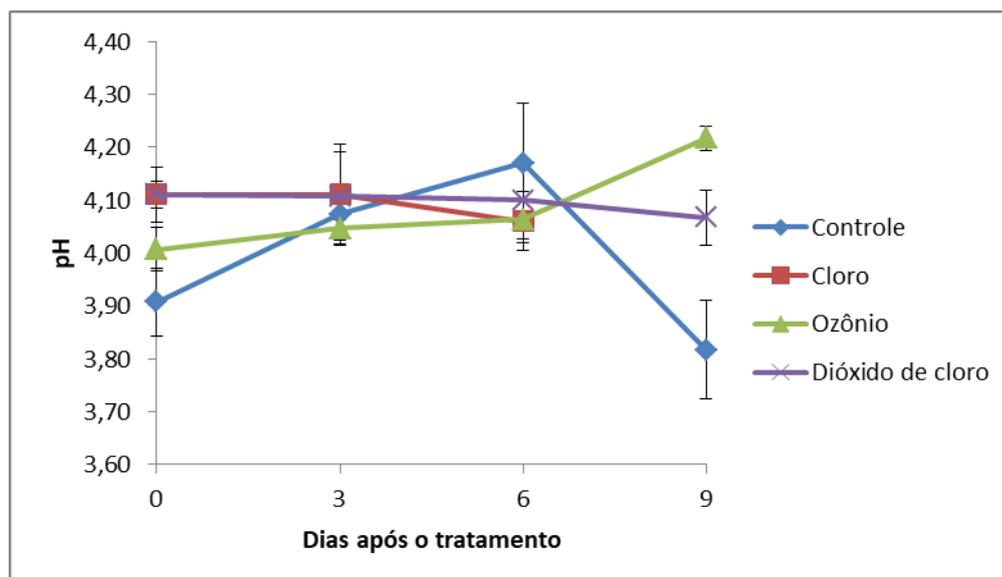
\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Apesar dos tomates tratados com dióxido de cloro e ozônio terem apresentado maiores valores no último dia de acompanhamento, não diferiram significativamente dos dias anteriores. Deve-se levar em consideração que as análises foram feitas em frutos diferentes, porém selecionados de um mesmo lote, no qual a variedade e grau de maturação foram homogeneizados.

De modo geral, os trabalhos relatam uma redução na firmeza das frutas e hortaliças ao longo do armazenamento. Os tomates ozonizados apresentaram firmeza elevada apenas no terceiro dia de acompanhamento, mas manteve valores constantes ao longo dos últimos seis dias de acompanhamento. Tzortzakakis et al. (2007) observaram comportamento semelhante em tomates armazenados em atmosfera modificada com ozônio (0,05 e 1,0  $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), em que não tiveram alteração na firmeza durante 6 dias. Em pimentas verdes tratadas com ozônio, até o décimo dia de armazenamento houve uma redução na firmeza, mas a partir deste período, este parâmetro foi constante até o 14º dia (GLOWACZ e REES, 2016a). Em mangas e kiwis tratados com cloro e ozônio houve decréscimo na firmeza (BEIRAO-DA-COSTA et al., 2014; MONACO et al., 2016). Tomates uva e “Dafnis” tratados com  $\text{ClO}_2$  também resultaram em uma menor firmeza do que após os tratamentos (ISLAM et al., 2017; SUN et al., 2017; WANG et al., 2019).

### 5.2.4 pH

No primeiro e no último dia de acompanhamento, os tratamentos apresentaram valores de pH maiores do que o controle (Figura 18). O tratamento com dióxido de cloro foi o que menos afetou o pH dos tomates.



**Figura 18.** pH em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

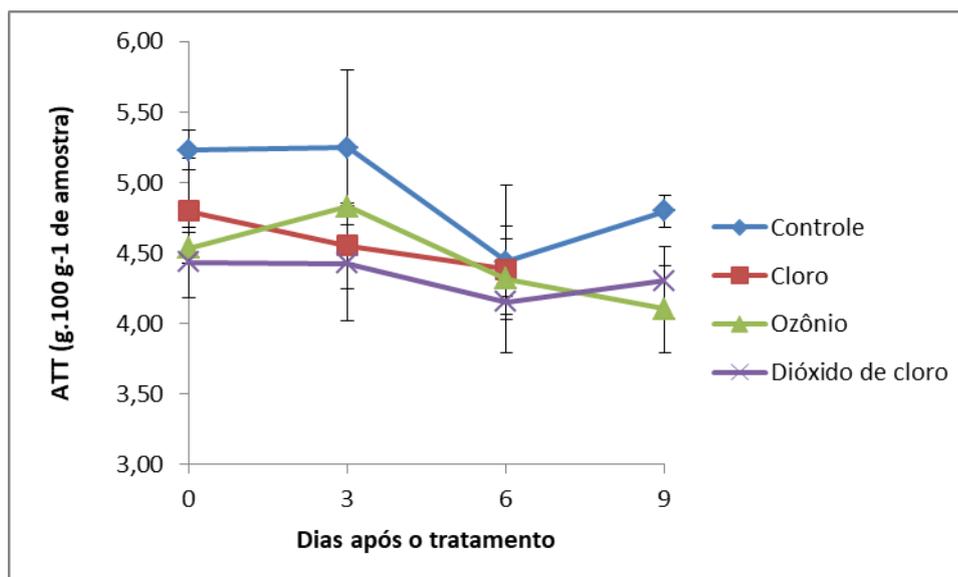
Quanto ao cloro, não foi possível acompanhar após o sexto dia devido a deterioração dos frutos. Porém em estudo feito por Alegria et al. (2009), o pH de cenouras foi mantido constante após tratamentos com ozônio e cloro. O aumento do pH nos tomates ozonizados também pôde ser observado por Venta et al. (2010), porém na forma gasosa (25 mg.m<sup>-3</sup>) e em mangas por Monaco et al. (2016) na forma aquosa (45 mg.m<sup>-3</sup>).

Apesar não ter influenciado nos resultados, o tratamento com ClO<sub>2</sub> pode reduzir o pH dos alimentos, devido a reação entre o agente e a matéria orgânica. Este fato foi evidenciado por GÓMEZ-LÓPEZ et al. (2007) em cenouras minimamente processadas.

### 5.2.5 Acidez total titulável (ATT)

Os tratamentos não apresentaram variação ao longo do tempo de armazenamento. O controle apresentou ATT média após o tratamento de 4,93 g.100 g<sup>-1</sup> de amostra, o cloro de 4,58 g.100 g<sup>-1</sup> de amostra, o ozônio de 4,44 g.100 g<sup>-1</sup> de amostra e o ClO<sub>2</sub> de 4,33 g.100 g<sup>-1</sup> de amostra.

Através do processo respiratório, os ácidos orgânicos são utilizados como substrato para a produção de energia, portanto ocorre redução de sua concentração após a colheita (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Tal efeito foi observado para todos os tratamentos (Figura 19), atingindo valores semelhantes.



**Figura 19.** ATT (g ácido ascórbico. 100 g<sup>-1</sup> de amostra) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

O controle e o dióxido de cloro tiveram comportamento semelhante, como pode ser observado na figura 19, demonstrando menor interferência sobre os ácidos orgânicos. Além disso, a acidez total do último dia de acompanhamento foi menor do que o primeiro dia. Tal redução também foi observada em pimentões verdes e ameixas (JIN-HUA et al., 2007; CHEN e ZHU, 2011). O ClO<sub>2</sub> pode reagir com carboidratos e formar ácidos carboxílicos, assim como a redução da substância também pode formar ácido (GÓMEZ-LÓPEZ et al., 2007), porém isto não foi observado durante o período de armazenamento.

### 5.2.6 Sólidos solúveis totais (SST)

Não houve diferença significativa entre os tratamentos sanitizantes e não houve diferença entre os fatores tratamentos x dias após os tratamentos (Tabela 2). A diferença entre o menor (3,97 °Brix) e o maior (4,60 °Brix) valor de SST apresentados nos tratamentos foi de 0,63 °Brix. Isto significa que os agentes não interferiram no teor de SST durante os dias de armazenamento.

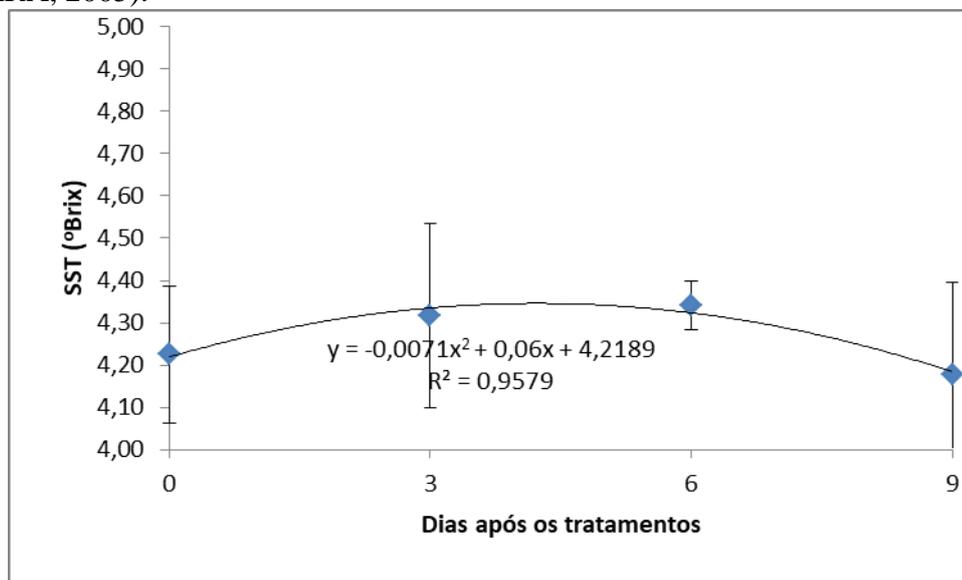
**Tabela 2.** SST (°Brix) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	4,13 ± 0,21 Aa	4,60 ± 0,26 Aa	4,27 ± 0,21 Aa	3,97 ± 0,50 Aa
Cloro	4,47 ± 0,46 Aa	4,10 ± 0,10 Aa	4,37 ± 0,12 Aa	
Ozônio	4,17 ± 0,06 Aa	4,37 ± 0,45 Aa	4,40 ± 0,36 Aa	4,17 ± 0,21 Aa
Dióxido de cloro	4,13 ± 0,06 Aa	4,20 ± 0,10 Aa	4,33 ± 0,29 Aa	4,40 ± 0,44 Aa

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey (p ≤ 0,05)

Por meio do gráfico apresentado na Figura 20, pode-se observar uma tendência de redução dos sólidos solúveis totais. Apesar dos frutos estarem maduros, o processo de

respiração é contínuo. Durante esta etapa ocorre a transformação dos açúcares em dióxido de carbono e água e liberação de energia, reduzindo o teor de sólidos solúveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005).



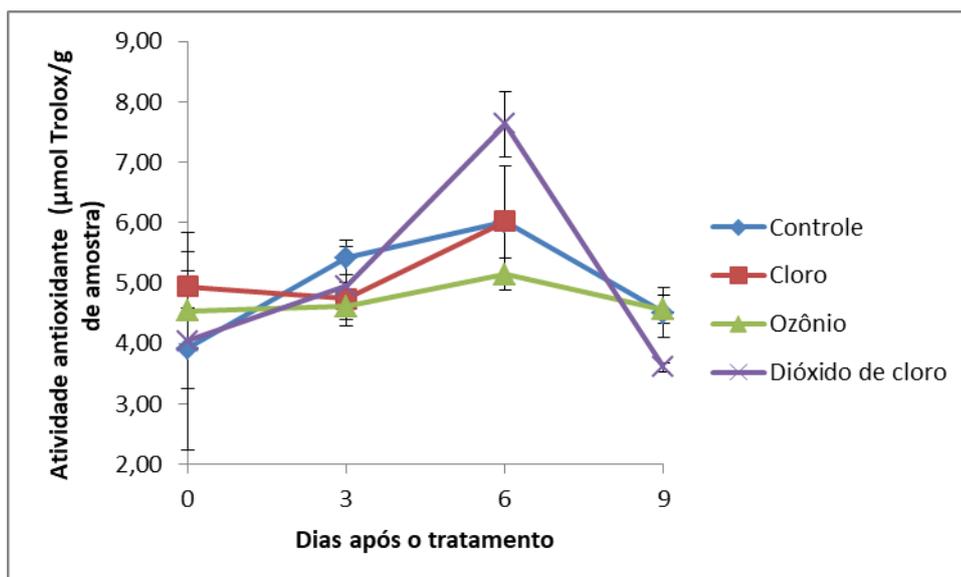
**Figura 20.** Médias gerais de SST (°Brix) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Resultados semelhantes foram encontrados na aplicação de ozônio por Venta et al. (2010) em tomates e em mangas por Monaco et al. (2016), que também observou que o tratamento com hipoclorito não influenciou nos sólidos solúveis. Porém, em melões mantidos em atmosfera modificada com ozônio, foram notados valores constantes de SST até o sexto dia, a partir daí houve oscilação até o 13º dia (TOTI et al., 2018).

Apesar dos valores não diferirem ( $p > 0,05$ ), apenas os tomates tratados com  $\text{ClO}_2$  apresentaram aumento (0,27 °Brix) dos SST até o último dia de armazenamento. Durante 40 dias de armazenamento de pimentões verdes em embalagem com sachês de  $\text{ClO}_2$  não houve influência no teor de SST (JIN-HUA et al., 2007), onde também apresentaram aumento e redução no teor durante este período.

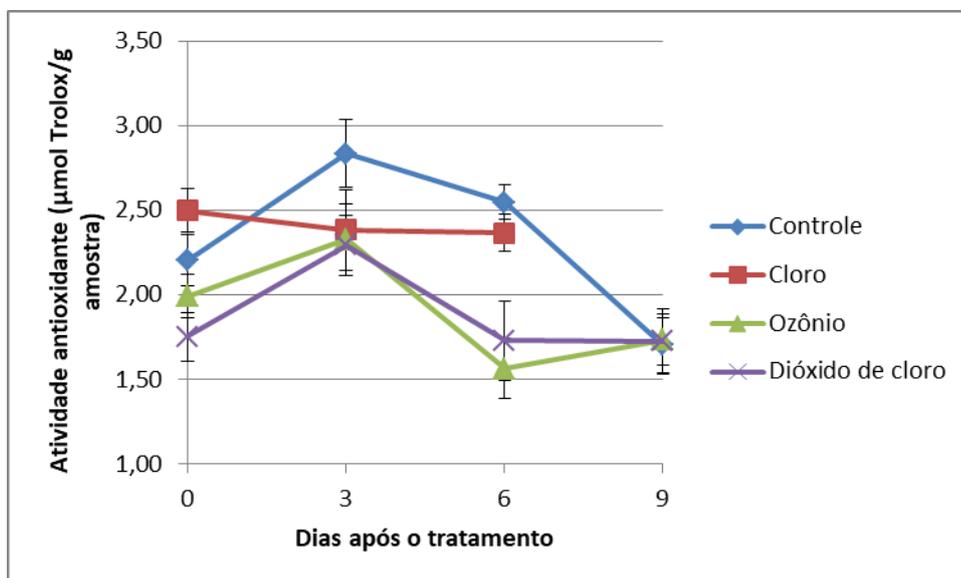
### 5.2.7 Capacidade antioxidante

Na avaliação da capacidade antioxidante através da capacidade de absorção de radicais oxigenados (ORAC), os tomates tratados com cloro e ozônio não diferiram significativamente do controle (Figura 21). Os tratados com dióxido de cloro apresentaram diferença apenas no último dia de armazenamento. Dentre eles, o ozônio foi o único que nos fatores tratamento x dias de armazenamento não apresentou diferença significativa.



**Figura 21.** Capacidade antioxidante em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR, expressa em ORAC

Através do teste da capacidade antioxidante em equivalente de trolox (TEAC), as capacidades antioxidantes do terceiro e nono dia foram as únicas que não diferiram entre os tratamentos, obtendo uma capacidade média de 1,72 µmol Trolox/g amostra no último dia de armazenamento (Figura 22).



**Figura 22.** Capacidade antioxidante (µmol Trolox/g amostra) em tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR, expressa em TEAC

Sendo verificada a redução da capacidade antioxidante no controle, a diminuição pode estar mais relacionada com a degradação dos compostos antioxidantes do que com a ação dos agentes sobre os mesmos. Possivelmente a capacidade antioxidante do fruto *in natura* não é afetada pelos agentes. Porém nos processados pode haver alteração, devido a maior exposição

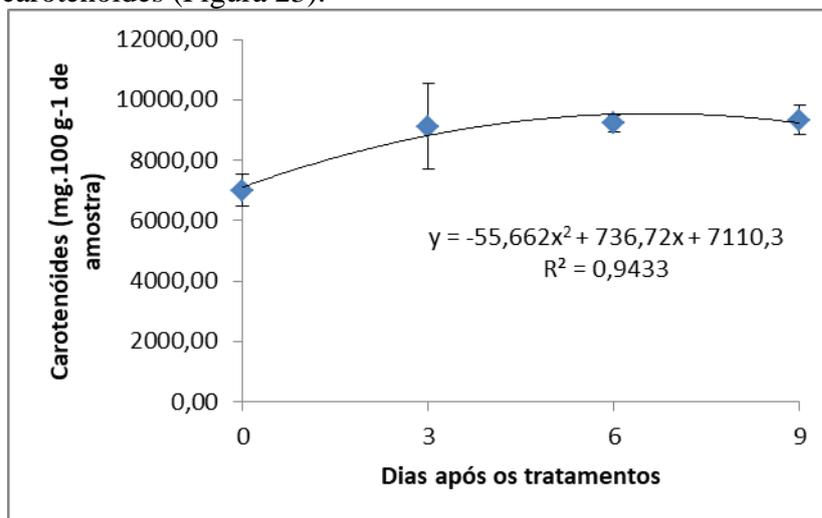
dos compostos, pois em suco de melão tratado com ozônio gasoso houve redução significativa da capacidade antioxidante (FUNDO et al., 2018).

Outros trabalhos constataram que os sanitizantes estudados não afetaram nos resultados. A utilização de ozônio e cloro em manga não gerou alterações em seu potencial antioxidante (MONACO et al., 2016). Melões e tomates armazenados com ozônio também mantiveram a capacidade constante (TZORTZAKIS et al., 2007; TOTI et al., 2018).

Poucos artigos relacionam os tratamentos e capacidade antioxidante, principalmente com dióxido de cloro. Em relação ao dióxido de cloro, o mesmo comportamento foi observado em *longan*, fruta consumida na Ásia oriental, tratada com 10 mg.L<sup>-1</sup> de ClO<sub>2</sub> e armazenada a 25 °C durante 7 dias, porém se manteve maior do que o controle (sem tratamento) (CHOMKITICHAJ et al., 2014).

### 5.2.8 Carotenoides totais

Os carotenoides são responsáveis pela coloração amarela e vermelha nos tecidos do tomate conforme o fruto amadurece. Dentre eles, o licopeno é o que está em maior abundância, compondo cerca de 80% do grupo (KOBELITZ, 2008). No experimento, não houve diferença significativa entre os tratamentos, todos demonstraram um aumento na quantidade de carotenoides (Figura 23).



**Figura 23.** Médias gerais de carotenoides totais (mg.100 g<sup>-1</sup> de amostra) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86%

O ozônio pode reagir com as ligações duplas dos carotenoides e alterar a quantidade de carotenoides (SOUZA et al., 2018), mas tal fato não foi evidenciado. A oxidação é o principal fator de degradação da substância, que pode ser acelerada pela presença de luz, calor e oxigênio, porém se o tecido estiver intacto, há maior estabilidade do componente, diferente do pigmento extraído (DAMODARAN et al., 2010; VENTA et al., 2010).

Um estudo feito por Tzortzakis et al. (2007) apresentou resultados semelhante ao obtido. Durante as primeiras 24 horas de exposição dos frutos ao ozônio houve um aumento no teor de carotenoides ( $\beta$ -caroteno, luteína e licopeno), enquanto que nos dias seguintes ocorreram variações crescentes e decrescentes, se mantendo constante após 6 dias. Em mangas, o tratamento também não afetou negativamente a quantidade de  $\beta$ -caroteno durante estocagem por 07 dias a 14 °C (MONACO et al., 2016).

Quanto à relação entre frutos processados e *in natura*, pôde ser visto em estudos que melões armazenados durante 13 dias em atmosfera modificada com ozônio não houve

diferença significativa (TOTI et al., 2018). Porém, no suco de melão houve redução de 76% dos carotenoides após 30 minutos de tratamento e 83% após 60 minutos (FUNDO et al., 2018).

Da mesma maneira que o ozônio e o dióxido de cloro não afetaram a capacidade antioxidante, ambos não afetaram o teor de carotenoides. Os tomates tratados com  $\text{ClO}_2$  também apresentaram aumento de seu teor. Apesar de Wang et al. (2019) não terem observado aumento do teor de licopeno em tomates armazenados com diferentes concentrações  $\text{ClO}_2$  durante 21 dias, não houve redução, pois seus resultados apresentaram valores constantes, indicando que o agente também não teve efeito sobre a substância, que está presente em maior quantidade entre os carotenoides presentes no tomate.

## 6 CONCLUSÕES

Em nosso trabalho foi constatado que o ozônio e o dióxido de cloro podem ser utilizados como sanitizantes alternativos ao hipoclorito de sódio em tomate. Tais agentes apresentaram efeitos diferentes sobre os fungos fitopatógenos *Alternaria solani* e *Alternaria alternata* durante os seis dias de acompanhamento, sendo que o dióxido de cloro apresentou melhor efeito sobre *Alternaria alternata* e o ozônio sobre *Alternaria solani*.

Além disso, através das análises físicas, químicas e físico-químicas, as concentrações estudadas dos sanitizantes não apresentaram efeitos negativos sobre a qualidade dos frutos. Porém o tratamento que apresentou resultados mais próximos do controle, ou seja, pouco interferiu na qualidade do tomate foi o tratamento com ozônio, o que indica que ele é uma possível alternativa ao cloro no tratamento pós-colheita de tomates. Porém isto não indica que o dióxido de cloro não seja também uma boa opção na substituição do cloro.

Apesar do bom controle nos resultados obtidos nas análises fitopatológicas, devem ser avaliadas novas condições de tratamento, como concentração e tempo de exposição, para otimizar a eficiência de controle, tendo em vista que os agentes tiveram efeitos diferentes sobre os fungos. Apesar de pertencerem a um mesmo gênero apresentaram comportamento diferente aos sanitizantes aplicados. Neste sentido, é recomendável também avaliar o potencial destes sanitizantes sobre os demais fungos deteriorantes que podem estar presentes no tomate, uma vez que houve crescimento de *Rhizopus* spp. durante o armazenamento.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, P.; OH, Y.; PANTHEE, D. Current Status of Early Blight Resistance in Tomato: An Update. **International Journal Of Molecular Sciences**, v. 18, n. 10, p.1-22, 2017.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 7, n. 6, p. 179-187, 1996.

AL-BLOUSHI, M.; SATHTHASIVAM, J.; JEONG, S.; AMY, G.L.; LEIKNES T. Effect of organic on chemical oxidation for biofouling control in pilot-scale seawater cooling towers. **Journal of Water Process Engineering**, v. 20, n. Supplement C, p. 1-7, 2017.

AL-HAQ, M.I.; GÓMEZ-LÓPEZ, V.M. Electrolyzed Oxidizing Water. **Decontamination Of Fresh And Minimally Processed Produce**, [s.l.], p.135-164, 2012. Wiley-Blackwell.

ALEGRIA, C.; PINHEIRO, J.; GONÇALVES, E.M.; FERNANDES, I.; MOLDÃO, M.; ABREU, M. Quality attributes of shredded carrot (*Daucus carota* L. cv. *Nantes*) as affected by alternative decontamination processes to chlorine. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 1, p. 61-69, 2009.

ARANGO, J.; RUBINO, M.; AURAS, R.; GILLETT, J.; SCHILDER, A.; GRZESIAK, A.L. Evaluation of chlorine dioxide as an antimicrobial against *Botrytis cinerea* in California strawberries. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 9, p. 45-54, 2016.

AWAN, Z. A.; SHOAI, A.; KHAN, K. A. Variations in total phenolics and antioxidant enzymes cause phenotypic variability and differential resistant response in tomato genotypes against early blight disease. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 216-223, 2018.

BAI, Y.-P.; GUO, X.-N.; ZHU, K.-X.; ZHOU, H.-M. Shelf-life extension of semi-dried buckwheat noodles by the combination of aqueous ozone treatment and modified atmosphere packaging. **Food Chemistry**, v. 237, p. 553-560, 2017.

BARKAI-GOLAN, R. CHAPTER 2 - POSTHARVEST DISEASE INITIATION. In: BARKAI-GOLAN, R. (Ed.). **Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p.3-24.

BARKAI-GOLAN, R. *Alternaria* Mycotoxins. In: BARKAI-GOLAN, R; PASTER, N. **Mycotoxins in Fruits and Vegetables**. San Diego: Elsevier, 2008. p. 185-203.

BARTH, M.M.; ZHOU, C.E.N.; MERCIER, J.; PAYNE, F.A. Ozone Storage Effects on Anthocyanin Content and Fungal Growth in Blackberries. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 6, p. 1286-1288, 1995.

BAVA, C. M.; JAEGER, S. R.; PARK, J. Constraints upon food provisioning practices in 'busy' women's lives: Trade-offs which demand convenience. **Appetite**, v. 50, n. 2, p. 486-498, 2008.

BEIRAO-DA-COSTA, S.; MOURA-GUEDES, M.C.; FERREIRA-PINTO, M.M.; EMPIS, J.; MOLDAO-MARTINS, M. Alternative Sanitizing Methods to Ensure Safety and Quality of

Fresh-Cut Kiwifruit. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, n. 1, p. 1-10, 2014.

BEN-DANIEL, B.; BAR-ZVI, D.; TSROR, L. An improved large-scale screening method for assessment of *Colletotrichum coccodes* aggressiveness using mature green tomatoes. **Plant Pathology**, v. 58, n. 3, p. 497-503, 2009.

BERGOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 1, p. 170-189, 2014.

BERMÚDEZ-AGUIRRE, D.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Disinfection of selected vegetables under nonthermal treatments: Chlorine, acid citric, ultraviolet light and ozone. **Food Control**, v. 29, n. 1, p. 82-90, 2013.

BERTIN, N.; GÉNARD, M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 264-276, 2018.

BEUCHAT, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. **Microbes and Infection**, v. 4, n. 4, p. 413-423, 2002.

CENGİZ, M.F.; BASLAR, M.; BASANÇELEBI, O.; KILIÇLI, M. Reduction of pesticide residues from tomatoes by low intensity electrical current and ultrasound applications. **Food Chemistry**, v. 267, p. 60-66, 2018.

CHAIDEZ, C.; CASTRO-DEL CAMPO, N.; HEREDIA, B.; CONTRERAS-ANGULO, L.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; AYALA-ZAVALA, J.F. Chlorine. **Decontamination Of Fresh And Minimally Processed Produce**, [s.l.], p.121-131, 2012. Wiley-Blackwell.

CHEN, X.; HUNG, Y.-C. Predicting chlorine demand of fresh and fresh-cut produce based on produce wash water properties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 120, p. 10-15, 2016.

CHEN, Z.; ZHU, C. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, n. 2, p. 117-123, 2011.

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

CHOMKITICHAJ, W.; FAIYUE, B.; RACHTANAPUN, P.; UTHAIBUTRA, J.; SAENGNIL, K. Enhancement of the antioxidant defense system of post-harvested 'Daw' longan fruit by chlorine dioxide fumigation. **Scientia Horticulturae**, v. 178, p. 138-144, 2014.

COELHO, C. C. DE S.; FREITAS-SILVA, O.; ALCANTARA, I.; SILVA, J. P. L. da; CABRAL, L. M. C. Ozônio em morangos minimamente processados, uma alternativa ao uso do cloro na segurança de alimentos. **Visa em Debate**, v. 3, p. 61-66, 2015.

COOPERSTONE, J. L.; FRANCIS, D. M.; SCHWARTZ, S. J. Thermal processing differentially affects lycopene and other carotenoids in *cis*-lycopene containing, *tangerine* tomatoes. **Food Chemistry**, v. 210, p. 466-472, 2016.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DERBALAH, A.; SHENASHEN, M.; HAMZA, A.; MOHAMED, A.; EL SAFTY, S. Antifungal activity of fabricated mesoporous silica nanoparticles against early blight of tomato. **Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 5, n. 2, p. 145-150, 2018.

ESTIARTE, N.; CRESPO-SEMPERE, A.; MARÍN, S.; RAMOS, A.J.; WOROBO, R.W. Stability of alternariol and alternariol monomethyl ether during food processing of tomato products. **Food Chemistry**, v. 245, p. 951-957, 2018.

FAOUR-KLINGBEIL, D.; TODD, E. C. D.; KURI, V. Microbiological quality of ready-to-eat fresh vegetables and their link to food safety environment and handling practices in restaurants. **LWT - Food Science and Technology**, v. 74, p. 224-233, 2016.

FERREIRA, S.M.R. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba**. 2004. 231 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FELIZIANI, E.; LICHTER, A.; SMILANICK, J.L.; IPPOLITO, A. Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 53-69, 2016.

FELIZIANI, E.; ROMANAZZI, G.; SMILANICK, J.L. Application of low concentrations of ozone during the cold storage of table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 38-48, 2014.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Estatística mensal da produção agrícola: Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2018.

FUNDO, J.F.; MILLER, F.A.; TREMARIM, A.; BRANDÃO, T.R.S.; SILVA, C.L.M. Quality assessment of Cantaloupe melon juice under ozone processing. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 47, p. 461-466, 2018.

GABLER, F.M.; SMILANICK, J.L.; MANSOUR, M.F.; KARACA, H. 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, n. 2, p. 85-90, 2010.

GARCÍA-MARTÍN, J. F.; OLMO, M.; GARCÍA, J. M. Effect of ozone treatment on postharvest disease and quality of different citrus varieties at laboratory and at industrial facility. **Postharvest Biology and Technology**, v. 137, n. Supplement C, p. 77-85, 2018.

GIL, M. I.; SELMA, M. V.; LÓPEZ-GÁLVEZ, F.; ALLENDE, A. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 134, n. 1, p. 37-45, 2009.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; AYALA,ZAVALA, J.F.; CHAIDEZ-QUIROZ, J.; HEREDIA, J.B.; CASTRO-DEL CAMPO,N. Peroxyacetic Acid. **Decontamination Of Fresh And Minimally Processed Produce**, , p.215-221, 2012, Wiley-Blackwell.

GLOWACZ, M.; REES, D. Exposure to ozone reduces postharvest quality loss in red and green chilli peppers. **Food chemistry**, v. 210, p. 305-310, 2016a.

GLOWACZ, M.; REES, D. The practicality of using ozone with fruit and vegetables. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 96, n. 14, p. 4637-4643, 2016b.

GÓMEZ-LÓPEZ, V. M.; DEVLIEGHERE, F.; RAGAERT, P.; DEBEVERE, J. Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. **International Journal of Food Microbiology**, v. 116, n. 2, p. 221-227, 2007.

GÓMEZ-LÓPEZ, V. M.; RAJKOVIC, A.; RAGAERT, P.; SMIGIC, N.; DEVLIEGHERE, F. Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 1, p. 17-26, 2009.

GUO, S.; HUANG, R.; CHEN, H. Application of water-assisted ultraviolet light in combination of chlorine and hydrogen peroxide to inactivate Salmonella on fresh produce. **International Journal of Food Microbiology**, v. 257, p. 101-109, 2017.

HAHN, F. Rhizopus stolonifer Detection by sensing the Tomato Peduncle Scar. **Biosystems Engineering**, v. 95, n. 2, p. 171-179, 2006.

HWANG, J.H.; YOON, J.H.; BAE, Y.M.; CHOI, M.R.; LEE, S.Y.; PARK, K.H. Effect of the precutting process on sanitizing treatments for reducing pathogens in vegetables. **Food Science and Biotechnology**, v. 26, n. 2, p. 531-536, 2017.

ISLAM, M. Z.; MELE, M.A.; PARK, J.M.; KIM, I.S.; KAND, H.M. Chlorine dioxide gas retain postharvest quality and shelf life of tomato during modified atmosphere packaging storage. **Agrivita**, v. 39, n. 3, p. 233-238, 2017.

International Standard ISO 750:1998 (E) segunda edição – Fruit and vegetable products Determination of titratable acidity.

International Standard ISO 1842:1991 (E) Segunda edição – Fruit and vegetable products Determination of pH.

International Standard ISO 2173:2003 (E) segunda edição – Fruit and vegetable products Determination of soluble solids content – Refractometric method.

JIN-HUA, D. U.; MAO-RUN, F.U.; MIAO-MIAO, L.I.; WEI, X.I.A. Effects of Chlorine Dioxide Gas on Postharvest Physiology and Storage Quality of Green Bell Pepper (*Capsicum frutescens* L. var. *Longrum*). **Agricultural Sciences in China**, v. 6, n. 2, p. 214-219, 2007.

KARABULUT, O. A., ILHAN, K., UMIT, A., CANAN, V. Evaluation of the use of chlorine dioxide by fogging for decreasing postharvest decay of fig. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, n. 3, p. 313-315, 2009.

KARACA, H.; VELIOGLU, Y. S. Effects of ozone treatments on microbial quality and some chemical properties of lettuce, spinach, and parsley. **Postharvest Biology and Technology**, v. 88, p. 46-53, 2014.

KIM, B. S.; KWON, J.Y.; KWON, K.H.; CHA, H.S.; JEONG, J.W.; KIM, G.H. Antimicrobial effect of cold ozonated water washing on fresh-cut lettuce. 2006, 699: **International Society for Horticultural Science (ISHS)**, n. 699 p.235-242, 2006.

KOBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de alimentos: Teoria e aplicações práticas**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008. 256p.

KOETZ, M.; MASCA, M.G.C.C; CARNEIRO, L.C.; RAGAGNIN, V.A.; SENA JÚNIOR, D.G.; GOMES FILHO, R.R.G. Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 1, p.14-22, 2010.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L.; VAN KOOTEN, O. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 1, p. 87-95, 2005.

LANSINI, V.; MAIA, D.S.V.; PRATES, D. de F.; LIMA, A. S. de; SILVA, W. P. da. Antibacterial activity of Timsen® (n-alkyl dimethyl benzyl ammonium chloride-40%) in scalding and precooling water in poultry slaughterhouses. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 8, p. 2607-2612, 2017.

LEE, Y.; BURGESS, G.; RUBINO, M.; AURAS, R. Reaction and diffusion of chlorine dioxide gas under dark and light conditions at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.144, p. 20-28, 2015.

LI, X.; KIM. M.-J.; BANG, W.-S.; YUK, H.-G. Anti-biofilm effect of 405-nm LEDs against *Listeria monocytogenes* in simulated ready-to-eat fresh salmon storage conditions. **Food Control**, v. 84, p. 513-521, 2018.

LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C. **Doenças do Tomateiro**. Brasília: Embrapa, 2005. 151 p.

LUCINI, L.; ROCCHETTI, G.; KANE, D.; TREVISAN, M. Phenolic fingerprint allows discriminating processed tomato products and tracing different processing sites. **Food Control**, v. 73, p. 696-703, 2017.

LUND, D. G. et al. Uso de sanitizantes na redução da carga microbiana de mandioca minimamente processada. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1431-1435, 2005.

MACHADO, I., MEIRELES, A.; FULGÊNCIO, R.; MERGULHÃO, F.; SIMÕES, M.; MELO, L.F. Disinfection with neutral electrolyzed oxidizing water to reduce microbial load and to prevent biofilm regrowth in the processing of fresh-cut vegetables. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 333-340, 2016.

MACHMUDAH, S.; ZAKARIA; WINARDI, S.; SASAKI, M.; GOTO, M.; KUSUMOTO, N.; HAYAKAWA, K. Lycopene extraction from tomato peel by-product containing tomato

seed using supercritical carbon dioxide. **Journal of Food Engineering**, v. 108, n. 2, p. 290-296, 2012.

MATTIOLI, A. V.; FRANCESCA, C.; MARIO, M.; ALBERTO, F. Fruit and vegetables in hypertensive women with asymptomatic peripheral arterial disease. **Clinical Nutrition ESPEN**, v. 27, p. 110-112, 2018.

MCGUIRE, R.G. Reporting of Objective Color Measurements. **Hortscience**, p.1254-1255, 1992.

MEIRELES, A.; GIAOURIS, E.; SIMÕES, M. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. **Food Research International**, v. 82, p. 71-85, 2016.

MILLER, F. A.; SILVA, C. L. M.; BRANDÃO, T. R. S. A Review on Ozone-Based Treatments for Fruit and Vegetables Preservation. **Food Engineering Reviews**, v. 5, n. 2, p. 77-106, 2013.

MINAS, I. S.; KARAOGLANIDIS, G.S.; MANGANARIS, G.A.; VASILAKAKIS, M.. Effect of ozone application during cold storage of kiwifruit on the development of stem-end rot caused by *Botrytis cinerea*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 58, n. 3, p. 203-210, 2010.

MONACO, K. de A.; COSTA, S. M.; MINATEL, I. O.; CORREA, R.; CALERO, F. A.; VIANELLO, F. LIMA, G. P. P. Influence of ozonated water sanitation on postharvest quality of conventionally and organically cultivated mangoes after postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 120, n. Supplement C, p. 69-75, 2016.

MOREB, N. A.; PRIYADARSHINI, A.; JAISWAL, A. K. Knowledge of food safety and food handling practices amongst food handlers in the Republic of Ireland. **Food Control**, v. 80, p. 341-349, 2017.

MUNIZ, Paulo Henrique Pereira Costa et al. Caracterização morfológica de *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) Keissl. ocorrente em solanáceas. **Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 1, p.43-49, 2018.

NARAYANASAMY, P. **Postharvest Pathogens and Disease Management**. Somerset: Wiley, 2005. 578p.

NAWAB, A.; ALAM, F.; HASNAIN, A. Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf- life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 103, p. 581-586, 2017.

NGUYEN, K. A.; FÖRSTER, H.; ADASKAVEG, J. E. Quaternary Ammonium Compounds as New Sanitizers for Reducing the Spread of the Olive Knot Pathogen on Orchard Equipment. **Plant Disease**, v. 101, n. 7, p. 1188-1193, 2017.

NICOUÉ, E.; EMOND, J.-P.; VUILLEMARD, J.-C.; NUNES, M. C. do N. Destruction de *Rhizopus stolonifer* et *Botrytis cinerea* par des traitements ozone/ions. **Phytoprotection**, v. 85, n. 2, p. 81-87, 2004.

- OGAWA J.M.; FELICIANO A.J.; MANJI B.T. Evaluation of ozone as a disinfectant in postharvest dump tank treatments for tomato. **Phytopathology** 80:1020, 1990.
- ÖLMEZ, H.; KRETZSCHMAR, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 686-693, 2009.
- ONG, M.K.; KAZI, F.K.; FORNEY, C.F.; ALI, A. Effect of Gaseous Ozone on Papaya Anthracnose. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 11, p. 2996-3005, 2013.
- PALOU, L.S.; CRISOSTO, C.H.; SMILANICK, J.L.; ADASKAVEG, J.E.; ZOFFOLI, J.P. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, n. 1, p. 39-48, 2002.
- PANIWNYK, L. Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 38, n. Supplement C, p. 794-806, 2017.
- PAO, S. KELSEY, D. F.; KHALID, M. F.; ETTINGER, M. R. Using Aqueous Chlorine Dioxide To Prevent Contamination of Tomatoes with *Salmonella enterica* and *Erwinia carotovora* during Fruit Washing. **Journal of Food Protection**, v. 70, n. 3, p. 629-634, 2007.
- PARK, S.-H.; KANG, D.-H. Influence of surface properties of produce and food contact surfaces on the efficacy of chlorine dioxide gas for the inactivation of foodborne pathogens. **Food Control**, v. 81, p. 88-95, 2017.
- PATRIARCA, A. *Alternaria* in food products. **Current Opinion in Food Science**, v. 11, p. 1-9, 2016.
- PATRIARCA, A.; FERNÁNDEZ PINTO, V. *Alternaria*. In: (Ed.). **Reference Module in Food Science**: Elsevier, 2018.
- PIETRASIK, Z.; GAUDETTE, N. J.; JOHNSTON, S. P. The impact of high hydrostatic pressure on the functionality and consumer acceptability of reduced sodium naturally cured wieners. **Meat Science**, v. 129, p. 127-134, 2017.
- PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA - PBMH. Normas de classificação do tomate. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura - CQH/CEAGESP, 2003. (Documentos, 26).
- RAGAERT, P.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Role of microbiological and physiological spoilage mechanisms during storage of minimally processed vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, n. 3, p. 185-194, 2007
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999

RICO, D.; MARTÍN-DIANA, A. B.; BARAT, J. M.; BARRY-RYAN, C. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18, n. 7, p. 373-386, 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. A guide to carotenoid in foods. Washington: Ilsi, 2001, 64p.

RUFINO, M. do S. M; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS<sup>++</sup>. Comunicação pessoal.

SELMA, M. V.; IBÁÑEZ, A. M.; CANTWELL, M.; SUSLOW, T.. Reduction by gaseous ozone of Salmonella and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. **Food microbiology**, v. 25, n. 4, p. 558-565, 2008.

SHARPE, D.; FAN, L.; MCRAE, K.; MACKAY, R.; DOUCETTE, C. Effects of Ozone Treatment on *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum* in Relation to Horticultural Product Quality. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 6, p. M250-M257, 2009.

SILVA, O.F.; de SOUZA, A.M.; Ozone in Food Processing: Impact on Food Products Attributes. In: JAISWAL, Amit Kumar et al. **Food Processing Technologies: Impact on Product Attributes**, p.519-552, 2016. Crc Press.

SMILANICK, J.L.; MARGOSAN, D.M.; GABLER, F.M. Impact of Ozonated Water on the Quality and Shelf-life of Fresh Citrus Fruit, Stone Fruit, and Table Grapes. **Ozone: Science & Engineering**, v. 24, n. 5, p. 343-356, 2002.

SOUZA, L. P. D.; FARONI, L.R.D.; HELENO, F.F.; CECON, P.R.; GONÇALVES, T.D.C.; SILVA, G.J.D.; PRATES, L.H.F. Effects of ozone treatment on postharvest carrot quality. **LWT**, v. 90, p. 53-60, 2018.

SUN, C.; FU, D.; JIN, L.; CHEN, M.; ZHENG, X.; YU, T. Chitin isolated from yeast cell wall induces the resistance of tomato fruit to *Botrytis cinerea*. **Carbohydrate Polymers**, v. 199, p. 341-352, 2018.

SUN, X.; ZHOU, B.; LUO, Y.; FERENEC, C.; BALDWIN, E.; HARRISON, K.; BAI, J. Effect of controlled-release chlorine dioxide on the quality and safety of cherry/grape tomatoes Gaseous. **Food Control**, v. 82, p. 26-30, 2017.

SY, K.V., MCWATTERS, K.H., BEUCHAT L.R. Efficacy of Gaseous Chlorine Dioxide as a Sanitizer for Killing Salmonella, Yeasts, and Molds on Blueberries, Strawberries, and Raspberries. **Journal of Food Protection**, v.68, n.6, p.1165-1175, 2005.

TOTI, M.; CARBONI, C.; BOTONDI, R. Postharvest gaseous ozone treatment enhances quality parameters and delays softening in cantaloupe melon during storage at 6 °C. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 2, p. 487-494, 2018.

TRINETTA, V.; LINTON, R. H.; MORGAN, M. T. The application of high-concentration short-time chlorine dioxide treatment for selected specialty crops including Roma tomatoes

(*Lycopersicon esculentum*), cantaloupes (*Cucumis melo* ssp. *melo* var. *cantaloupensis*) and strawberries (*Fragaria×ananassa*). **Food Microbiology**, v. 34, n. 2, p. 296-302, 2013.

TRINETTA, V.; LINTON, R. H.; MORGAN, M. T. Use of chlorine dioxide gas for the postharvest control of *Alternaria alternata* and *Stemphylium vesicarium* on Roma tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 13, p. 3330-3333, 2013.

TZORTZAKIS, N.; BORLAND, A.; SINGLETON, I.; BARNES, J. Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 317-325, 2007.

TZORTZAKIS, N.; SINGLETON, I.; BARNES, J. Deployment of low-level ozone-enrichment for the preservation of chilled fresh produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 2, p. 261-270, 2007.

TZORTZAKIS, N.; SINGLETON, I.; BARNES, J. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 1-9, 2008.

TRINETTA, V.; LINTON, R.H.; MORGAN, M.T.. Use of chlorine dioxide gas for the postharvest control of *Alternaria alternata* and *Stemphylium vesicarium* on Roma tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 13, p. 3330-3333, 2013.

UKUKU, D.O.; BARI, L.; KAWAMOTO, S. Hydrogen Peroxide. **Decontamination Of Fresh And Minimally Processed Produce**, p.197-214, 2012.

USALL, J.; IPPOLITO, A.; SISQUELLA, M.; NERI, F.. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 30-40, 2016.

VANDEKINDEREN, I.; VAN CAMP, J.; DEVLIEGHERE, F.; VERAMME, K.; DENON, O.; RAGAERT, P.; DE MEULENAER, B. Effect of Decontamination Agents on the Microbial Population, Sensorial Quality, and Nutrient Content of Grated Carrots (*Daucus carota* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 14, p. 5723-5731, 2008.

VAQUERA, S.; PATRIARCA, A.; PINTO, V.F. Water activity and temperature effects on growth of *Alternaria arborescens* on tomato medium. **International Journal of Food Microbiology**, v. 185, p. 136-139, 2014.

VENTA, M. B.; BROCHE, S.S.C.; TORRES, I.F.; PÉREZ, M.G.; LORENZO, E.V.; RODRIGUEZ, Y.R.; CEPERO, S.M. Ozone Application for Postharvest Disinfection of Tomatoes. **Ozone: Science & Engineering**, v. 32, n. 5, p. 361-371, 2010.

WANG, L.; SOKORAI, K.; WU, V.C.H.; FAN, X. Gaseous chlorine dioxide maintained the sensory and nutritional quality of grape tomatoes and reduced populations of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. **Food Control**, v. 96, p. 299-309, 2019.

WEI, Y.; XU, M.; WU, H.; TU, S.; PAN, L.; TU, K. Defense response of cherry tomato at different maturity stages to combined treatment of hot air and *Cryptococcus laurentii*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 117, p. 177-186, 2016.

WEN, G.; XU, X.; HUANG, T.; ZHU, H.; MA, J. Inactivation of three genera of dominant fungal spores in groundwater using chlorine dioxide: Effectiveness, influencing factors, and mechanisms. **Water Research**, v. 125, n. Supplement C, p. 132-140, 2017.

YANG, J.; SUN, C.; ZHANG, Y.; FU, D.; ZHENG, X.; YU, T. Induced resistance in tomato fruit by  $\gamma$ -aminobutyric acid for the control of *Alternaria* rot caused by *Alternaria alternata*. **Food Chemistry**, v. 221, n. Supplement C, p. 1014-1020, 2017.

YEOH, W. K.; ALI, A.; FORNEY, C. F. Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya. **Postharvest Biology and Technology**, v. 89, p. 56-58, 2014.

ZAMBRE, S. S.; VENKATESH, K. V.; SHAH, N. G. Tomato redness for assessing ozone treatment to extend the shelf life. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 3, p. 463-468, 2010.

ZHANG, J.; YANG, H. Effects of potential organic compatible sanitisers on organic and conventional fresh-cut lettuce (*Lactuca sativa* Var. *Crispa* L). **Food Control**, v. 72, p. 20-26, 2017.

ZHANG, L.; LU, Z.; YU, Z.; GAO, X. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. **Food Control**, v. 16, n. 3, p. 279-283, 2005.

ZHU, Z.; CHEN, Y.; ZHANG, X.; LI, M. Effect of foliar treatment of sodium selenate on postharvest decay and quality of tomato fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 198, p. 304-310, 2016.

ZULETA, A.; ESTEVE, M.J.; FRÍGOLA, A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. **Food Chemistry**, v. 114, p. 310-316, 2009.

## 8 ANEXOS

### Anexo A – Tabelas de resultados

**Tabela 3.** Percentual de frutos que apresentaram crescimento de *Alternaria alternata*, armazenados em BOD a 25 °C durante 06 dias

Tratamento	Dias após o tratamento			
	1	2	3	6
Cloro	0%	0%	17%	17%
Ozônio	0%	17%	17%	17%
Dióxido de cloro	0%	0%	17%	17%
Controle	17%	33%	67%	83%

**Tabela 4.** Tamanho da lesão causada por *Alternaria alternata* em mm

Tratamento	Dias após o tratamento							
	1		2		3		6	
	Pedúnculo	Lateral	Pedúnculo	Lateral	Pedúnculo	Lateral	Pedúnculo	Lateral
Cloro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,27	0,0	1,41
Ozônio	0,0	0,0	0,0	0,25	0,0	0,33	2,67	0,38
Dióxido de cloro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,24	0,0	1,25
Controle	0,92	0,25	1,18	0,95	1,92	2,76	2,17	7,39

**Tabela 5.** Percentual de frutos que apresentaram crescimento de *Alternaria solani*, armazenados em BOD a 25 °C durante 06 dias

Tratamento	Dias após o tratamento			
	1	2	3	6
Cloro	0%	0%	0%	17%
Ozônio	0%	0%	0%	0%
Dióxido de cloro	17%	17%	17%	17%
Controle	0%	17%	17%	33%

**Tabela 6.** Tamanho da lesão causada por *Alternaria solani* em mm

Tratamento	Dias após o tratamento							
	1		2		3		6	
	Pedúnculo	Lateral	Pedúnculo	Lateral	Pedúnculo	Lateral	Pedúnculo	Lateral
Cloro	0	0	0	0	0	0	0	2,00
Ozônio	0	0	0	0	0	0	0	0
Dióxido de cloro	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,33	0
Controle	0	0	0	0	0	0	0,64	0

**Tabela 7.** Cor instrumental (L\*) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	38,42 ± 1,02 Aa	38,10 ± 0,70 Aa	37,91 ± 1,54 Aa	38,36 ± 1,21 Aa
Cloro	36,14 ± 2,08 Ab	38,18 ± 1,59 Ba	38,47 ± 1,17 Ba	
Ozônio	37,99 ± 1,044 Aa	38,30 ± 0,76 Aa	37,89 ± 1,05 Aa	38,01 ± 0,98 Aa
Dióxido de cloro	37,43 ± 1,50 Aa	38,10 ± 1,11 Aa	37,40 ± 0,85 Aa	37,39 ± 0,49 Aa

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 8.** Parâmetro a\* de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	25,86 ± 1,50 Bb	26,48 ± 1,14 ABa	25,95 ± 0,66 Ba	27,56 ± 1,34 Aa
Cloro	36,14 ± 2,01 Aa	25,47 ± 1,82 Ba	27,21 ± 1,24 ABa	
Ozônio	25,91 ± 1,51 Bb	26,82 ± 0,77 ABa	27,11 ± 1,28 Aa	25,80 ± 0,64 ABb
Dióxido de cloro	24,98 ± 2,31 Ab	26,60 ± 1,46 Aa	26,23 ± 1,43 Aa	26,57 ± 1,00 Aab

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 9 -** Parâmetro b\* de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	22,58 ± 1,13 Ab	21,48 ± 1,28 ABa	20,96 ± 1,97 Ba	21,13 ± 1,02 ABa
Cloro	24,72 ± 2,10 Aa	20,90 ± 1,65 Bab	22,39 ± 2,01 Ba	
Ozônio	22,38 ± 2,13 Ab	21,70 ± 1,63 Aa	20,95 ± 1,19 Aa	20,97 ± 0,76 Aa
Dióxido de cloro	22,33 ± 1,89 Ab	19,74 ± 1,00 Bb	20,50 ± 1,67 Ba	19,66 ± 0,81 Bb

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 10.** Firmeza (N) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	5,29 ± 0,42 Aa	5,41 ± 0,56 Aa	4,33 ± 0,69 Aa	4,82 ± 0,41 Aa
Cloro	5,00 ± 0,60 Aa	4,83 ± 0,16 Aa	5,18 ± 0,67 Aa	
Ozônio	4,76 ± 0,18 Ba	5,88 ± 0,41 Aa	4,70 ± 0,26 Ba	4,80 ± 0,36 Ba
Dióxido de cloro	4,89 ± 0,50 Aa	4,88 ± 0,42 Aa	4,69 ± 0,39 Aa	5,10 ± 0,64 Aa

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 11.** pH de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	3,91 ± 0,06 Bb	4,07 ± 0,06 Aa	4,17 ± 0,11 Aa	3,82 ± 0,09Bc
Cloro	4,11 ± 0,05 Aa	4,11 ± 0,10 Aa	4,06 ± 0,06 Aa	
Ozônio	4,01 ± 0,04 Aab	4,05 ± 0,02 Aa	4,06 ± 0,04 Aa	4,22 ± 0,02 Ba
Dióxido de cloro	4,11 ± 0,03 Aa	4,11 ± 0,08 Aa	4,10 ± 0,08 Aa	4,07 ± 0,05 Ab

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 12.** ATT (g ácido ascórbico. 100 g-1 de amostra) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	5,23 ± 0,14 Aa	5,25 ± 0,55 Aa	4,44 ± 0,25 Aa	4,80 ± 0,12 Aa
Cloro	4,80 ± 0,37 Aab	4,55 ± 0,30 Aa	4,38 ± 0,60 Aa	
Ozônio	4,53 ± 0,11 Ab	4,83 ± 0,40 Aa	4,31 ± 0,28 Aa	4,10 ± 0,31 Ab
Dióxido de cloro	4,43 ± 0,25 Ab	4,42 ± 0,41 Aa	4,15 ± 0,09 Aa	4,30 ± 0,24 Aab

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 13.** SST (°Brix) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	4,13 ± 0,21 Aa	4,60 ± 0,26 Aa	4,27 ± 0,21 Aa	3,97 ± 0,50 Aa
Cloro	4,47 ± 0,46 Aa	4,10 ± 0,10 Aa	4,37 ± 0,12 Aa	
Ozônio	4,17 ± 0,06 Aa	4,37 ± 0,45 Aa	4,40 ± 0,36 Aa	4,17 ± 0,21 Aa
Dióxido de cloro	4,13 ± 0,06 Aa	4,20 ± 0,10 Aa	4,33 ± 0,29 Aa	4,40 ± 0,44 Aa

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 14.** Capacidade antioxidante de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR, expressa em ORAC

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	3,92 ± 0,66 Ba	5,42 ± 0,28 ABa	6,01 ± 0,93 Aab	4,51 ± 0,41 ABa
Cloro	4,94 ± 0,57 Ba	4,74 ± 0,26 Ba	6,02 ± 0,07 Aab	
Ozônio	4,53 ± 0,68 Aa	4,61 ± 0,22 Aa	5,15 ± 0,26 Ab	4,56 ± 0,23 Aa
Dióxido de cloro	4,04 ± 1,80 Ba	4,95 ± 0,66 Ba	7,63 ± 0,54 Aa	3,60 ± 0,07 Bb

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 15.** Capacidade antioxidante ( $\mu\text{mol Trolox/g}$  amostra) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR, expressa em TEAC

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	2,20 ± 0,15 ABa	2,84 ± 0,20 Aa	2,55 ± 0,10 Aa	1,70 ± 0,16 Ba
Cloro	2,50 ± 0,13 Aa	2,38 ± 0,24 Aa	2,37 ± 0,11 Aab	
Ozônio	1,99 ± 0,13 ABb	2,33 ± 0,21 Aa	1,56 ± 0,18 Bc	1,73 ± 0,15 Ba
Dióxido de cloro	1,75 ± 0,15 Ba	2,29 ± 0,18 Aa	1,73 ± 0,23 Bbc	1,72 ± 0,19 Ba

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabela 16.** Carotenoides totais ( $\text{mg.100 g}^{-1}$  de amostra) de tomates submetidos a diferentes tratamentos sanitizantes, armazenados durante 09 dias a temperatura média de 23 °C e 86% UR

Tratamentos	Dias após o tratamento			
	0	3	6	9
Controle	7254,94 ± 737,40Ba	10995,28 ± 1445,67 Aa	9488,55 ± 516,81 ABa	8784,13 2096,67ABa
Cloro	7183,68 ± 354,84 Aa	7960,76 ± 729,13 Aa	8918,87 ± 987,24 Aa	
Ozônio	7365,96 ± 117,82 Aa	9450,94 ± 1564,04 Aa	9437,17 ± 1235,10 Aa	9527,69 ± 1960,38 Aa
Dióxido de cloro	6226,33 ± 567,65 Ba	8102,27 ± 675,08 Aa	9031,59 ± 837,32 Aa	9692,57 ± 501,66 Aa

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si e letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p \leq 0,05$ )