

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA**  
**SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ISABELA MARTINS BARBOSA CORREA**

**APLICAÇÃO DE HIDRORESFRIAMENTO E SANITIZAÇÃO EM  
MORANGOS 'SAN ANDREAS' E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE PÓS-  
COLHEITA**

**PONTA GROSSA**

**2023**

**ISABELA MARTINS BARBOSA CORREA**

**APLICAÇÃO DE HIDRORESFRIAMENTO E SANITIZAÇÃO EM  
MORANGOS 'SAN ANDREAS' E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE PÓS-  
COLHEITA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Ponta Grossa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Agricultura. Linha de pesquisa: Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub.

Coorientador: Prof. Dr. Ruy Inácio Neiva de Carvalho.

**PONTA GROSSA**

**2023**

C824           Correa, Isabela Martins Barbosa  
                  Aplicação de hidrosfriamento e sanitização em morangos 'San Andreas' e  
                  seus efeitos sobre a qualidade pós-colheita / Isabela Martins Barbosa Correa.  
                  Ponta Grossa, 2023.  
                  127 f.

                  Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Fitotecnia e  
                  Fitossanidade), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

                  Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub.

                  Coorientador: Prof. Dr. Rui Inácio Neiva de Carvalho.

                  1. Conservação. 2. Fragaria x ananassa. 3. Vida de prateleira. I. Ayub,  
                  Ricardo Antonio. II. Carvalho, Rui Inácio Neiva de. III. Universidade Estadual de  
                  Ponta Grossa. Fitotecnia e Fitossanidade. IV.T.

CDD: 634

**CERTIFICADO**

Título da Dissertação: “**APLICAÇÃO DE HIDRORESFRIAMENTO E SANITIZAÇÃO EM MORANGOS 'SAN ANDREAS' E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA**”.

Nome: **ISABELA MARTINS BARBOSA CORREA**

Orientador: Ricardo Antonio Ayub

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub

Prof. Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho

Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi

Ponta Grossa 27 de fevereiro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Antonio Ayub, Professor(a)**, em 07/03/2023, às 09:43, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **marcelo augusto gutierrez carnelossi, Usuário Externo**, em 07/03/2023, às 10:12, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Ruy Inacio Neiva de Carvalho, Usuário Externo**, em 15/03/2023, às 18:23, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **1325435** e o código CRC **6372ED2D**.

*Aos meus pais, Alexandre Aparecido Correa e Deborah Martins Barbosa Correa, a minha irmã Yasmin Martins Barbosa Correa, ao meu noivo Dieikison Bruno Gouveia e aos meus sogros Dirlei Aparecida de Bonfim e Eziquiel Gouveia, pelas benções direcionadas a mim e o apoio incondicional.*

*Aos meus avós, Sandra Regina Furukawa Barbosa e Nelson Martins Barbosa (in memoriam), por mostrarem que o caráter é a maior dádiva que se pode possuir.*

*Aos meus avós, Maria das Graças Ribeiro Correa e Jovair José Correa, por me ensinarem a nunca desistir.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Sempre a Deus em primeiro lugar, pela dádiva da vida e por sua presença quando tudo parecia escuro, sendo meu porto seguro e meu farol, dando forças a cada dia para ser uma pessoa melhor e nunca desistir mesmo diante da insanidade. Pela sabedoria e forças, me guiando pelo caminho predestinado a mim e regando minha vida de bênçãos inimagináveis.

À Jesus Cristo pelo maior amor do mundo e sacrifício por nós, dando seu próprio sangue na cruz para conceder-nos a vida eterna nos céus e pelo registro físico para nós deixado com seus maiores ensinamentos.

Aos meus pais Alexandre Aparecido Correa e Deborah Martins Barbosa Correa por investirem na construção da minha fé e por estarem presentes durante toda a vida.

À minha irmã Yasmin Martins Barbosa Correa, pelos momentos mais inesperados de alegria possíveis, por trazer diversão e me ensinar a paciência e a compreensão.

Às minhas avós Maria das Graças Ribeiro Correa e Sandra Regina Furukawa Barbosa, por serem mulheres tão diferentes e mesmo assim, me amarem incondicionalmente igual, cada uma à sua maneira, e por passarem gerações de ensinamentos a mim.

Aos meus avôs Nelson Martins Barbosa (in memoriam) e Jovair José Correa, por serem homens de índole e caráter, mostrando os exemplos a serem seguidos, além de serem os alicerces das famílias.

À toda a minha família, que mesmo distante, sempre compartilharam comigo momentos de alegria e boas memórias, além de darem apoio e incentivo em minhas decisões.

Ao meu noivo Dieikison Bruno Gouveia, por ser meu presente de Deus, dando carinho e me mostrando que a vida é melhor quando compartilhada. Mesmo sendo o meu completo oposto, me mostrou que a união é construída em pequenos passos e que é possível se apaixonar por alguém todos os dias. Obrigada por me entender até em silêncio e crescer junto comigo.

Aos meus sogros, Dirlei Aparecida de Bonfim e Eziquiel de Jesus Gouveia, por serem como pais e sempre se preocuparem e demonstrarem seu amor quando eu mais precisava.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub, por me acolher e aceitar a me orientar nesta pesquisa, dando exemplos e conselhos que foram primordiais para meu desenvolvimento profissional. Pelas experiências que proporcionou a mim e a tantos e pelos aprendizados que pude obter, foram diferenciais em minha vida.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Ruy Inacio Neiva de Carvalho, por desde a graduação ser um ombro amigo e grande exemplo de índole a ser seguido, por aceitar e me auxiliar no desenvolvimento desta pesquisa e me lembrar das minhas qualidades me dando oportunidades para que eu pudesse me desenvolver pessoal e profissionalmente.

Aos meus amigos e colegas, que permaneceram próximos a mim durante esse processo, Gabriela, Juliana, Gabrielli, Tatiane, Maria Izabel, Eloá, Lis, Gabriel, Flávia e Calistene, por me incentivarem a nunca desistir e por dividirem comigo experiências e afeto, além de vivenciarem junto a mim tantas alegrias que guardarei para sempre na memória.

Ao ex-aluno Danilo Ribeiro por me mostrar a simplicidade e a vivência do campo, por abrir as portas de sua propriedade e me mostrar por diversas vezes, os processos adotados em campo, além de ceder o produto essencial para a realização desta pesquisa.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa e ao Programa de pós-graduação pelo curso ofertado em nível de Mestrado e por me aceitarem como eterna aluna da Instituição.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e à secretaria do programa de pós-graduação pelo auxílio com toda a burocracia envolvida.

“And sometimes you meet yourself back  
where you started, but stronger.”

Yrsa Daley-Ward



## RESUMO

CORREA, I. M. B. **Aplicação de hidrosfriamento e sanitização em morangos 'San Andreas' e seus efeitos sobre a qualidade pós-colheita.** 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

O morango possui grande importância no mercado consumidor, pois suas características organolépticas e moléculas benéficas à saúde humana são atrativas ao consumidor. No entanto, esta fruta tem alta sensibilidade aos danos mecânicos e patológicos, sendo a principal causa da baixa comercialização em larga escala. Para conter esses problemas, algumas técnicas são utilizadas para melhorar a sanidade dos vegetais, como a rápida redução da temperatura interna antes do armazenamento, sendo necessário alocar os frutos em embalagens para reduzir danos mecânicos, prolongar a vida de prateleira e facilitar a comercialização *in natura*. O objetivo principal foi avaliar a eficiência de técnicas de sanitização e tratamento térmico em pré- e pós-colheita de morangos em embalagens PET e armazenados em temperatura ambiente e câmara fria, a fim de reduzir a ação patogênica e ampliar a vida útil do fruto. Foram utilizados morangos da cultivar San Andreas produzidos em *slabs* sob cultivo protegido fertirrigado. Os tratamentos aplicados foram: ácido peracético em pré-colheita, ácido peracético em pré-colheita + hidrosfriamento, hidrosfriamento, hidrosfriamento + cloreto de cálcio em pós-colheita e hidrosfriamento + ácido peracético em pós-colheita, onde 10 frutos foram armazenados em embalagens PET de 80 g. As embalagens foram mantidas em temperatura ambiente à 20 °C ( $\pm 2$  °C) e avaliadas após 2, 4 e 6 dias, e em câmara fria a 0 °C ( $\pm 2$ ) por 7 e 9 dias, e foram avaliadas após permanecerem mais dois dias em temperatura ambiente. Foram avaliados: ocorrência de patógenos, danos mecânicos, coloração, perda de massa fresca, firmeza, frescor, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, ácido cítrico, teor de polifenóis e antocianinas e capacidade antioxidante. O tratamento de hidrosfriamento associado ao ácido peracético minimizou os efeitos do armazenamento sobre a perda de massa e firmeza dos frutos nas duas condições avaliadas, sendo capaz de promover a manutenção das características físico-químicas do morango, prolongando sua vida de prateleira por até 9 dias quando comparado ao tratamento controle. O hidrosfriamento causou descoloração da epiderme dos frutos devido à alta sensibilidade a manipulação na pós-colheita, sem afetar os compostos bioativos. Manter morangos em armazenamento refrigerado ou tratá-los com hidrosfriamento preserva suas características, podendo haver resultados promissores quando associado o tratamento térmico à sanitização apesar dos efeitos sobre a epiderme dos frutos.

**Palavras - chave:** Conservação; Fragaria x ananassa; Vida de prateleira.

## ABSTRACT

CORREA, I. M. B. **Application of hydrocooling and sanitization in 'San Andreas' strawberries and their effects on postharvest quality.** 2023. Master Thesis (Master's Program in Agronomy) - State University of Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

The strawberry has a huge importance in the consumer market, because their organoleptic characteristics and beneficial molecules to human health are attractive to the customers. However, this fruit has a big sensitivity to mechanical and pathological damage, being the main cause of low large-scale commercialization. To contain these problems, some techniques are used to improve the vegetable sanity, such as the rapid reduction of the internal temperature before storage, being necessary to allocate the fruits in packages to reduce mechanical damage, extend the shelf life and facilitate the marketing *in natura*. The main objective was to evaluate the efficiency of techniques about sanitization and heat treatment in pre- and post-harvest strawberries allocated in PET packaging and stored at room temperature and cold chamber, in order to reduce the pathogenic action and extend the shelf-life of the fruit. Where used strawberry of the San Andreas cultivar produced in slabs in a greenhouse with fertigation system. The treatments applied were: peracetic acid in pre-harvest, peracetic acid in pre-harvest + hydrocooling, hydrocooling, hydrocooling + calcium chloride in post-harvest, and hydrocooling + peracetic acid in post-harvest, where 10 fruits were storage in PET clamshells weighing 80 g. The packages were kept at room temperature at 20 °C ( $\pm 2$  °C) and evaluated after 2, 4 and 6 days, and in a cold chamber at 0 °C ( $\pm 2$ ) for 7 and 9 days, they were evaluated after remaining over 48 hours at room temperature. Where evaluated: occurrence of pathogens, mechanical damage, coloration, loss of fresh mass, firmness, freshness, soluble solids content, titratable acidity, pH, citric acid, polyphenol and anthocyanin content and antioxidant capacity. The hydrocooling treatment associated with peracetic acid were able to minimize the effects of the storage period on the loss of weight and firmness in both conditions evaluated, taking this into account, the treatment was able to promote the maintenance of physical-chemical characteristics of the strawberry, extending its self-life by up to 9 days about the control. The hydrocooling caused discoloration of the fruit epidermis due to the huge sensibility to post-harvest handlings, without affecting the bioactive compounds. Keeping strawberries under refrigerated storage or treating them with hydrocooling preserves their characteristics, and there may be promising results When thermal treatment is associated with sanitization, despite the effects on the fruit epidermis.

**Keywords:** Conservation; *Fragaria x ananassa*; Shelf-life.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura externa e interna da área de cultivo protegido com as cultivares ‘Albion’ e ‘San Andreas’ na Chácara Sole, localizada em Ponta Grossa -PR, 29/09/2021 .....	37
Figura 2: Aplicação do fertilizante líquido misto ácido peracético® na área de cultivo comercial pertencente à Sole Hortifruti. Ponta Grossa - PR, 29/09/2021 .....	39
Figura 3: Frutos de morango submersos na solução de hidroresfriamento com água destilada em sua forma líquida e sólida. Ponta Grossa - PR, 29/09/2021 .....	40
Figura 4: Embalagem de politereftalato de etileno com perfurações superiores e inferiores...	41
Figura 5: Disposição das embalagens de morango em temperatura ambiente a 20 °C ( $\pm 5$ °C) (a) e embalagens dispostas em câmara fria a temperatura de 0 °C ( $\pm 2$ °C) (b).....	42
Figura 6: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	53
Figura 7: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C $\pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20°C) submetidos a três variações de tratamentos .....	57
Figura 8: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos ao tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita).....	59
Figura 9: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ submetidos ao tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C $\pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20°C).....	60
Figura 10: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ submetidos ao tratamento de ácido peracético (pré-colheita) (a) e ao tratamento de ácido peracético (pré-colheita) + hidroresfriamento (pós-colheita) (b) após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C).....	91
Figura 11: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	93
Figura 12: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C $\pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	94
Figura 13: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C $\pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	95

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Perda de massa (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	51
Gráfico 2: Perda de massa (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	55
Gráfico 3: Firmeza (N) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	58
Gráfico 4: Sólidos solúveis (SS expresso em °Brix) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	61
Gráfico 5: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ após 2 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	65
Gráfico 6: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	66
Gráfico 7: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ tratados com hidrosfriamento + Ácido peracético (pós-colheita) após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) .....	67
Gráfico 8: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	68
Gráfico 9: Ratio (SS/AT) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	69
Gráfico 10: pH de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	72
Gráfico 11: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	76
Gráfico 12: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	79
Gráfico 13: Índice de dano mecânico (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	81
Gráfico 14: Índice de dano mecânico (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1 e 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	82

Gráfico 15: Índice de dano mecânico (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	83
Gráfico 16: Índice de infecção patogênica (%) de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	85
Gráfico 17: Índice de infecção patogênica (%) de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	86
Gráfico 18: Luminosidade (L) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	88
Gráfico 19: Tonalidade (°Hue) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	90
Gráfico 20: Tonalidade (°Hue) de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	92
Gráfico 21: Tonalidade (°Hue) de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	93
Gráfico 22: Tonalidade (°Hue) de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	95
Gráfico 23: Cromaticidade (C) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	96
Gráfico 24: Cromaticidade (C) de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	97
Gráfico 25: Cromaticidade (C) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	98
Gráfico 26: Antocianinas (mg de antocianinas/100 g m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	99
Gráfico 27: Antocianinas (mg de antocianinas/100 g m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 2 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	100
Gráfico 28: Antocianinas (mg de antocianinas/100 g m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	101

Gráfico 29: CFT (mg EAG.100 g-1) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20°C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	103
Gráfico 30: DPPH (μMol de equivalente Trolox.g-1 de m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20°C) submetidos a cinco variações de tratamentos.....	106
Gráfico 31: ABTS (μMol de equivalente Trolox.g-1 de m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Definição dos tratamentos pré e pós-colheita aplicados nos frutos de morango ‘San Andreas’ com a indicação de suas respectivas nomenclaturas de identificação dispostas nas etiquetas aplicadas em cada embalagem .....	38
Tabela 2: Cronograma de análises físico-químicas com descrição dos períodos de armazenamento que as embalagens permaneceram alocadas para posterior análise .....	43
Tabela 3: Perda de massa (%) de morangos após 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	52
Tabela 4: Perda de massa (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	56
Tabela 5: Sólidos solúveis (SS expresso em °Brix) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	62
Tabela 6: Ratio (SS/AT) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	70
Tabela 7: Ratio (SS/AT) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos .....	71
Tabela 8: pH de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	73
Tabela 9: pH de morangos ‘San Andreas’ após 1 e 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	74
Tabela 10: pH de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0°C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20°C) submetidos a três variações de tratamentos .....	75
Tabela 11: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	77
Tabela 12: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	78
Tabela 13: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	80
Tabela 14: Luminosidade (L) de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos .....	89

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
2.1 PANORAMA ECONÔMICO .....	19
2.2 MÉTODOS DE CULTIVO .....	20
2.3 DESCRIÇÃO BOTÂNICA .....	21
2.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA .....	23
2.5 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE .....	24
2.6 SANITIZAÇÃO .....	26
2.7 PÓS-COLHEITA .....	29
2.8 HIDRORESFRIAMENTO .....	33
<b>3 OBJETIVOS E HIPÓTESES</b> .....	36
3.1 HIPÓTESES .....	36
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	36
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	37
4.1 ÁREA EXPERIMENTAL .....	37
4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	38
4.3 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS .....	38
4.4 TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA .....	39
4.5 ARMAZENAMENTO .....	41
4.6 PERÍODOS DE AVALIAÇÃO .....	42
4.7 ANÁLISES FÍSICAS .....	43
4.8 ANÁLISES QUÍMICAS .....	45
4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	50
<b>5 RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	51
5.1 PERDA DE MASSA .....	51



5.2 FIRMEZA.....	57
5.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS .....	61
5.4 ÁCIDO CÍTRICO (%) .....	64
5.5 RATIO .....	69
5.6 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (PH).....	72
5.7 FRESCOR .....	76
5.8 DANO MECÂNICO .....	81
5.9 ÍNDICE DE INFECCÃO .....	84
5.10 LUMINOSIDADE .....	87
5.11 TONALIDADE (°HUE).....	90
5.12 CROMATICIDADE.....	96
5.13 ANTOCIANINAS .....	99
5.14 CONTEÚDO DE FENÓLICOS TOTAIS (CFT).....	103
5.15 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE .....	105
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>110</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de frutíferas é um ramo intensamente explorado e com incentivo para o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à exportação em todo o mundo. Em 2019 o Brasil ocupou o terceiro lugar no ranking mundial de produção de frutas, com um equivalente a 58 milhões de toneladas, onde 5% da produção foi destinada à exportação (CNA, 2020).

O morango não é o principal produto destinado a exportação, quando consideradas as inúmeras espécies de frutíferas cultivadas e exportadas pelo Brasil, isso pois o país atua de forma incipiente na produção e desenvolvimento de tecnologias voltadas à destinação deste produto para o mercado externo (ANTUNES, BONOW, REISSER, 2020). O volume de morangos produzidos no Brasil aumentou 61% entre as safras de 2010 e 2020, alcançando pouco mais de 215 mil toneladas de produção nacional (FAO, 2020). Os principais destinos das frutas frescas exportadas foram a União Europeia, que importou pouco mais de 1/3 de todo o volume, seguido por Estados Unidos (16%), Reino Unido (14%), Argentina e Canadá com 4 e 3% de taxa de importação, respectivamente (BRASIL, 2022).

O morango é altamente sensível a qualquer tipo de dano, sejam mecânicos ou patológicos, diante disso, é considerado um dos produtos mais sensíveis e perecíveis após a colheita, pois estes danos podem danificar a epiderme e reduzir a qualidade visual dos frutos no momento da comercialização (FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2010). Perante o exposto, os morangos tendem a ser produzidos com a adoção de controle químico, a fim de evitar maiores perdas econômicas sobre a produção e comercialização, visando a aplicação de técnicas de conservação na pós-colheita para prolongar sua vida útil.

Inúmeros patógenos incidem sobre os frutos em diferentes estádios de maturação, no momento que o morango se aproxima da maturação fisiológica e é colhido, o dano causado por patógenos dos gêneros *Botrytis* e *Rhizopus* são os mais expressivos e recorrentes, podendo causar a perda total antes da comercialização (ZEIST, REZENDE, 2019).

Visando reduzir a expressão patogênica sobre o produto, surgiram diversos compostos e técnicas que atuam durante a pré- ou pós-colheita, a fim de reduzir a taxa microbiana através de tratamentos térmicos ou sanitizantes a base de ácidos orgânicos ou minerais, como é o caso do ácido peracético, um óxido orgânico de ação rápida e sanitizante sem carência residual, ou o cálcio, responsável pela conformação estrutural e resistência das plantas, atuando diretamente na estrutura da parede celular das células (FRANÇOSO *et al.*, 2008). Logo, o uso de compostos

químicos protetivos são opções de agentes sanitizantes, podendo ser utilizados como método de controle e manutenção da qualidade na pós-colheita.

Os métodos de controle físico também são utilizados na pós-colheita, com ação inibitória sobre a fonte de inóculo e intensidade de deterioração dos frutos. Dentre os métodos existentes, destaca-se a elevação da temperatura do produto de interesse econômico com ação de vapor ou submersão, e a redução da temperatura com ar forçado, resfriamento em câmara fria ou submersão em solução com temperatura de até 0 °C, de modo que as temperaturas do produto e/ou do local de armazenamento devem ser extremas e controladas para que o método seja efetivo (BECKER & FRICKE, 2002; CENCI, 2006; VICENTE *et al.*, 2006; JING *et al.*, 2010; PONTE *et al.*, 2015; MERCIER, BRECHT, UYSAL, 2019). Visando um incremento na qualidade do morango, destaca-se o método de hidioresfriamento que oferece resultados promissores para a cadeia de armazenamento pós-colheita, devido à rápida redução da temperatura que favorece sua estabilidade físico-química (JACOMINO *et al.*, 2011).

Além das técnicas utilizadas para prevenir a degradação acelerada do morango, é imprescindível que estes sejam alocados em embalagens a fim de reduzir danos mecânicos e facilitar a comercialização do produto *in natura*. Apesar das vantagens iminentes alcançadas com a adoção das embalagens, é necessário avaliar a viabilidade das mesmas e o comportamento dos produtos que permanecem acondicionados neste ambiente específico. Há uma diversidade de embalagens utilizadas para a comercialização do morango, de modo que cada uma promove uma característica de armazenamento distinta, principalmente em relação às trocas gasosas e umidade relativa, que possuem influência direta na qualidade estrutural e química (CASTILLO PIZARRO *et al.*, 2009).

Diante disso, estudar técnicas que promovam a ampliação da vida de prateleira e melhoria da qualidade dos frutos em pós-colheita é importante, pois amplia as opções de manejo ao produtor e possibilita a comercialização de um produto com maior qualidade para o consumidor.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cultura do morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é explorada em várias regiões do Brasil por conta da capacidade adaptativa às condições de cultivo e sistemas de condução. Essa expansão territorial ocorreu graças ao desenvolvimento de cultivares capazes de superar questões de sazonalidade que dificultavam a exploração do pseudofruto no país, pois questões como temperatura e fotoperíodo possuem grande influência sobre a expressão do potencial produtivo da espécie (ANTUNES, FAGHERAZZI, VIGNOLO, 2017; LETELIER *et al.*, 2020).

O morango cultivado atualmente pertence à espécie *Fragaria x ananassa*, originária da Europa, é uma espécie híbrida originária do cruzamento entre duas espécies americanas, *F. chiloensis* Mill. e *F. virginiana* Duch. Historicamente, a hibridação ocorreu na França em meados de 1750 de forma natural, pois ambas eram cultivadas próximas, e o cruzamento deu origem à espécie mais cultivada e utilizada como fonte de pesquisas e desenvolvimento de novas cultivares por conta de suas características visuais e organolépticas (ANTUNES, REISSER JÚNIOR, SCHWENGBER, 2016; DE OLIVEIRA, BONOW, 2012).

A cultivar San Andreas é proveniente da Universidade da Califórnia, obtida pelo cruzamento das cultivares predecessoras Albion e CAL 97.86-1, que geram pseudofrutos recomendados para o consumo in natura (MUSA, 2016). Os pseudofrutos produzidos são grandes e longos com peso médio de 30 g, apesar de menores e mais compactos que ‘Aromas’, com elevada firmeza e cromaticidade. As mudas possuem vigor elevado em relação a ‘Albion’, ‘Aromas’, e ‘Diamante’, em especial durante o início da floração, não possuem ramificações excessivas e os ciclos de produção são longos, por ser uma variedade remontante de dias longos, alcançando até 8 meses de produção sem picos bem definidos e produção precoce. A cultivar San Andreas apresenta alta resistência a requeima (*Phytophthora infestans*) e antracnose (*Colletotrichum truncatum*), moderada resistência ao ataque de oídio (*Erysiphe difusa*) e sensibilidade a deficiência de boro e ao ataque de *Botrytis cinerea* (CANTILLANO *et al.*, 2012).

## 2.1 PANORAMA ECONÔMICO

No ano de 2022, o setor comercial de frutíferas impactou de maneira positiva a economia brasileira e o desenvolvimento econômico do país, pois foi capaz de superar a produção do primeiro trimestre de 2021 (ABRAFRUTAS, 2022). Durante a safra 20/21, o país havia alcançado a marca produtiva de mais de 1 milhão de toneladas de frutas exportadas, um crescimento de 6% em relação ao mesmo período do ano anterior (ABRAFRUTAS, 2021).

Apesar da baixa participação do Brasil com o morango no comércio exterior, a produção vem crescendo exponencialmente, quando comparado com países desenvolvidos como Estados Unidos e China, com pouco mais de 1,4 e 3 milhões de toneladas respectivamente na produção anual, o Brasil produziu 218 mil toneladas de morango em 5 mil hectares no ano de 2020 (FAO, 2020). Esses valores corroboram com a baixa atuação do produto no comércio internacional, porém, dentre os países da América latina, o Brasil se destaca na produção e exportação (ANTUNES, BONOW, REISSER JUNIOR, 2020). A diferença no total exportado entre os países pode ser explicada pelo destino do produto, o mercado nacional não objetiva o comércio exterior, pois a produção de morango é proveniente da agricultura familiar, e devido a produção estar presente em diversas regiões do país, diferindo em volume produzido e diversidade de cultivo, não garante a padronização de produto exigida no mercado externo.

Conforme o prognóstico publicado pelo Departamento de Economia Rural (DERAL), que considera a área produtiva e o rendimento por safra no estado do Paraná, foi estimado uma produção de 32,9 mil toneladas em 905 hectares de produção geral. Apesar do baixo volume de produção nacional, o morango possui grande influência no Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) da fruticultura brasileira, índice que mensura o faturamento bruto dentro das unidades produtoras e as atividades que desempenha, onde estimou-se a participação da cultura em 12,5% do total produzido em 2020, um crescimento de 20% em relação ao ano anterior (PARANÁ, 2020; PARANÁ 2021). A produção nacional de morango apresenta distinções em relação à região e sistema de cultivo, havendo variação de época de cultivo, cultivar utilizada, período de colheita e comercialização.

No Censo Agropecuário de 2017, dentro da seção de produção nacional por produtos da horticultura foi estimado para o morango uma produção de 140 mil toneladas, com 66% de participação do estado de Minas Gerais, seguido pelo estado do Rio Grande do Sul e Paraná, com 92, 13 e 8 mil toneladas produzidas, respectivamente (BRASIL, 2017).

## 2.2 MÉTODOS DE CULTIVO

A agricultura no Brasil detém 7,8% do território nacional, sendo mais de 65 bilhões de hectares destinados a lavouras, e mais 90 milhões de hectares de área agricultável disponível (DE MIRANDA, 2018). Segundo a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) o Brasil protege e preserva mais de 60 % da vegetação nativa e utiliza menos de 10% de todo território para agricultura (MARQUES, 2017). Considerando os sistemas de cultivo, a produção pode ser conduzida em campo aberto ou ambiente protegido. De acordo com dados de 2019 do Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura (Cobapla), cerca de 30 mil hectares eram destinados ao cultivo protegido, tornando o país o maior produtor de morango neste método de cultivo da América Latina (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2015).

Estipular o método de cultivo influencia diretamente no custo de produção, qualidade e rendimento da cultura. O sistema de cultivo convencional em campo aberto, com o plantio diretamente no solo, é caracterizado como agricultura extensiva pois está suscetível aos fatores edafoclimáticos e ataque de pragas e doenças, apesar do baixo custo de implantação e manutenção, em contrapartida, o sistema de cultivo protegido proporciona um incremento à produção, por fornecer condições ambientais ideais para o desenvolvimento da cultura, além de proporcionar um maior controle de parâmetros abióticos e facilidade no manejo dos fatores edafoclimáticos (KHOSHNEVISAN, RAFIEE, MOUSAZADEH, 2013; KANG *et al.*, 2020).

Questões humanitárias e sociais relacionadas ao conforto e qualidade de vida estão entre as principais frações da atividade produtiva que determinam a escolha ou alteração do método de cultivo. Segundo Giménez, Andriolo e Godoi (2008), as operações envolvidas no processo produtivo do morango acabam por demandar uma alta atividade laboral e com certa periodicidade que dificulta a oferta de mão de obra devido aos conflitos que surgem quando o agente passa a ter uma relação não harmônica com o ambiente e as condições de trabalho, causada pelo desgaste físico ao realizar os procedimentos ao nível do solo.

Dentro do sistema de cultivo protegido, é possível adotar técnicas mais avançadas de cultivo que demandam um maior investimento inicial por potencializar o uso da área. A adoção de novas tecnologias propicia um incremento na produção e na qualidade dos frutos produzidos, com a adoção do plantio em substrato com ausência de solo, que possibilita alcançar altas produtividades pelo uso eficiente da água e redução de risco de contaminação ambiental (RICHTER *et al.*, 2018; TREFTZ, OMAYE, 2016).

### 2.3 DESCRIÇÃO BOTÂNICA

O morangueiro é uma angiosperma dicotiledônea do gênero *Fragaria* que compõe a família Rosaceae e subfamília Rosoideae, que compreendem mais de 28 espécies e subespécies, sendo o gênero *Fragaria* o único dentre os demais da família com porte herbáceo, ciclo de produção perene e crescimento rápido (QIN *et al.*, 2008; GARRIDO *et al.*, 2011). As espécies variam de acordo com o número de cromossomos que possuem, podendo compreender a classe de diploides, tetraploides, hexaploides e octoploides, a espécie cultivada (*Fragaria x ananassa Duchesne*) é um organismo diploide com 56 cromossomos e cada grupo de espécies possuem características específicas de centro de origem e reposta à condição climática (STAUDT, 1999; CONTI, MINAMI, TAVARES, 2002; FENG *et al.*, 2021).

A planta possui porte de 15 a 30 cm de altura, podendo possuir hábito rasteiro ou ereto na forma de pequenas touceiras que crescem em volume com o desenvolvimento da planta ou de acordo com a disponibilidade de nutrientes (ANTUNES, REISSER JÚNIOR, SCHWENGBER, 2016). A planta é cultivada em clima subtropical a temperado e a temperatura e o fotoperíodo são os principais fatores que influenciam seu desenvolvimento, além de determinarem a passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo. A exposição da planta a temperaturas muito elevadas por um longo período, influencia as características organolépticas e estrutura física, produzindo frutos ácidos com baixa firmeza de polpa (COCCO, 2010).

O fotoperíodo atua sobre o metabolismo e o desenvolvimento fenológico das plantas, de modo que o desenvolvimento vegetativo é favorecido à medida que a temperatura se eleva e a duração dos dias é maior, além disso, causa um incremento na matéria seca e no tamanho dos frutos, em contrapartida, dias mais curtos com temperaturas abaixo da média favorecem a indução floral do morangueiro (HANCOCK, LAVÍN, RETALMALES, 1999; BORTOLOZZO, 2007; ANTUNES, REISSER JÚNIOR, SCHWENGBER, 2016).

Por ser uma planta perene, a produção pode ocorrer em várias épocas do ano, com a oferta variando de acordo com a região de cultivo, pois regiões de clima predominantemente quente, a colheita perdura de abril a outubro e em regiões de clima frio estende-se até dezembro (CANTILLANO *et al.*, 2012). De acordo com dados da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) (2020) o morango possui alta sazonalidade, sendo comercializado nos meses mais frios, entre junho e outubro, pois a colheita do fruto no estado de São Paulo se concentra majoritariamente em julho. O período de comercialização pode ser

antecipado ou estendido, porém, os meses remanescentes são considerados como o período de implantação e restabelecimento da cultura após a colheita (REIS *et al.*, 2011; APTA, 2021).

O fruto verdadeiro do morango são os aquênios, sementes secas derivadas de um único pistilo monocarpelar, originado da fecundação dos óvulos que ao se desenvolverem, estimulam a expansão do receptáculo floral e constituem a parte carnosa, denominada pseudofruto (MARQUES, 2009). A completa formação do morango está diretamente relacionada com o balanço hormonal durante a maturação dos aquênios que possuem alta concentração de auxinas livres e promovem o crescimento e desenvolvimento do órgão floral, porém, a ação do fito hormônio pode variar de acordo com a disponibilidade nutricional e variações do ambiente de cultivo que podem causar má formação nos pseudofrutos (ANTUNES, REISSER JÚNIOR, SCHWENGBER, 2016).

Por se caracterizar como um fruto não climatérico, ocorrem tênues alterações metabólicas, com uma redução gradual e constante de sua taxa respiratória e após atingir a maturação fisiológica, há uma redução na produção e oferta de etileno exógeno, um dos principais fito hormônio responsáveis pela manutenção da maturidade do fruto após a colheita. Considerando a paralisação das atividades metabólicas após a colheita, o morango mantém as características químicas e nutricionais praticamente inalteradas, ofertando então apenas os compostos acumuladas durante seu desenvolvimento (LELIÈVRE, *et al.*, 1997; FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2010; FAGAN *et al.*, 2015).

As cultivares Camarosa e Camino Real de dias curtos e San Andreas e Aromas de dias longos, são utilizadas para cultivo na região sul do Brasil, pois possuem necessidades compatíveis com a condição climática e boa qualidade físico-química para fins comerciais (DE OLIVEIRA, SCIVITTARO, 2008; DE OLIVEIRA, SCIVITTARO, 2011; DE CARVALHO *et al.*, 2011; COCCO *et al.*, 2011). A cultivar San Andreas apresenta em média um peso fresco que varia de 13 a 25 g podendo ser maiores de acordo com o ciclo de produção, comprimento e largura médios de 40 e 28 mm e firmeza de 6 a 9 N (DOS SANTOS *et al.*, 2020).

As características físicas e organolépticas do morango são as principais observadas no momento da compra e consumo, pois possui sabor, coloração e aroma característicos, além de alto teor nutricional (CANTILLANO, 2004; ANTUNES, CARVALHO, SANTOS, 2011; DE MORAES, 2019). Como uma forma de facilitar a redação e a compreensão, o pseudofruto do morangueiro será chamado apenas de fruto a partir deste ponto da dissertação.



## 2.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os principais fatores associados à caracterização e mensuração da qualidade do fruto são os aspectos visuais, como sua conformação, cor, firmeza, e os compostos organolépticos como o sabor e aroma. Contudo, o morango não é apreciado mundialmente apenas por estas características, o fruto também possui em sua composição uma série de moléculas consideradas benéficas ao organismo e a saúde humana, substâncias associadas à compostos bioativos como vitaminas e antioxidantes (CAMARGO *et al.*, 2018; FIERASCU *et al.*, 2020).

Assim como a estrutura física do fruto, a composição química é afetada diretamente pelas condições de cultivo e armazenamento pós-colheita, tanto de forma positiva como negativa. A destinação do produto vai determinar o método de conservação a ser utilizado, o resfriamento rápido é amplamente adotado pela eficácia e baixo custo de manutenção, apesar de influenciar a qualidade do morango, aumentando os sólidos solúveis totais e reduzindo a biossíntese de antocianinas, fatores que podem afetar a aceitabilidade do consumidor final (CORDENUNSI *et al.*, 2005; CORDENUNSI *et al.*, 2002).

Pineli *et al.* (2011) apresentou valores elevados de atividade antioxidante, teores de vitamina C e compostos fenólicos para frutos em estágio de maturação intermediário, com coloração rosada, após dois meses de armazenamento à -80 °C, além de identificar que a coloração avermelhada que determina a maturidade do fruto está relacionada com a elevação do teor de antocianinas totais à medida que o fruto amadurece.

O manejo sanitário do cultivo visa promover um ambiente ideal de desenvolvimento, de modo que os frutos possam alcançar as características ideais de comercialização, principalmente relacionadas à tamanho e sanidade, porém, estas características são avaliadas separadamente e não tem relação direta com a qualidade nutricional dos frutos, para frutos processados a composição da polpa possui padrões específicos, porém, quando frescos estes padrões não são aplicados (BRASIL, 2018; MERCOSUL, 2019).

O morango é constituído majoritariamente por açúcares, antocianinas, ácidos fenólicos, flavonoides, macro e micro minerais, com altos teores de cálcio, potássio, magnésio, sódio e fósforo, compostos aromáticos, vasto teor de vitaminas em geral, em específico o teor de vitamina C, que é responsável por mais de 30% da capacidade antioxidante do morango, seguido do teor de antocianinas e flavonoides. Todos estes compostos possuem relação direta com os fatores ambientais, altitude da localidade de cultivo e caracterização genéticas da

cultivar, apresentando variação na composição química, além disso, o estágio de maturação associado à coloração do fruto também possui influência em sua composição química (ÖZCAN, HACISEFEROĞULLARI, 2007; FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2010; GIAMPIERI *et al.*, 2012; GÜNDÜZ, KAZIM, ÖZBAY, HAKAN, 2018).

Devido à disponibilidade de nutrientes e a ausência de uma estrutura rígida para proteger os frutos, há uma intensa ocorrência de agentes patológicos necrotróficos sobre os frutos, que agem de forma rápida e destrutiva sobre a estrutura carnosa (DE MELO, 2009). Diante disso, a cultura normalmente é conduzida com a adoção de práticas de controle químico a fim de evitar grandes perdas sobre a produtividade.

## 2.5 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante é mensurada a partir de uma classificação em grupos que define a capacidade antioxidante de substâncias enzimáticas e não enzimáticas. As substâncias não enzimáticas possuem características nutricionais, sendo fonte de vitaminas e minerais, além de fornecerem compostos fenólicos responsáveis pelo combate aos radicais livres prejudiciais à saúde humana. Estas substâncias fenólicas possuem relação antagônica com as enzimas polifenoloxidasas (PPO-E.C. 1.14.18.1) e peroxidase (POD-E.C. 1.11.17), pois possuem ação bactericida e fungicida e quando em contato com as enzimas supracitadas, podem estimular uma reação indesejável na estrutura externa e vida útil dos produtos hortícolas. Dentre os métodos existentes utilizados para a avaliação da capacidade antioxidante dos alimentos, o método que utiliza como base a espectrofotometria é o mais tradicional e comumente utilizado (PISOSCHI, NEGULESCU, 2011).

Os compostos fenólicos podem influenciar a coloração e sabor do fruto por atuarem no processo de síntese de enzimas que agem sobre o escurecimento enzimático, além de regular o crescimento de células que agem na lignificação dos tecidos (LIMA *et al.*, 2002; CAMPOS E SILVEIRA, 2003; XU *et al.*, 2017; BECKER *et al.*, 2019). Entre os compostos antioxidantes há também as antocianinas, presentes no grupo dos fenóis, oriunda do grego anthos (flores) e kyanos (azul) (BRIDLE, TIMBERLAKE, 1997), sendo o grupo de pigmentos naturais pertencente ao subgrupo dos flavonoides que após a clorofila, são o grupo de pigmentos hidrossolúveis de origem vegetal mais importantes, com alto poder de coloração e previne a

auto oxidação e peroxidação de lipídeos em produtos biológicos (LOPES *et al.*, 2007). As antocianinas são pigmentos naturais e suas cores são influenciadas pelos grupos metoxi, responsáveis pela coloração vermelha, e glicólicos e hidroxilas responsáveis pela cor azul (HARBORNE, 1958; CHAVES *et al.*, 2014).

Há uma diversidade de antocianinas descritas em literatura, sendo mais de 30 moléculas distintas que se diferenciam pela posição do grupo metoxila ou hidroxila, porém apesar de suas distinções, 90% das moléculas possuem como base alguns compostos orgânicos como a delphinidina (22%), responsável pela coloração violeta, e a cianidina (30%) e pelargonidina (18%) responsáveis pela coloração vermelha (NUNES *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2007; BUENO *et al.*, 2012; CHAVES *et al.*, 2014). Essas moléculas são fortes antioxidantes com propriedades bioativas que trazem benefícios à saúde e constituem o grupo de metabólitos secundários de maior evidência nos frutos de morango, além disso, há um destaque para as moléculas de pelargonidina-3-O-glicosídeo, representando mais de 80% do total de antocianinas, seguida pela cianidina-3-O-glicosídeo (BAKKER, BRIDLE & KOOPMAN, 1992; CHAVES *et al.*, 2014). Existem diversos métodos de extração e quantificação de antocianinas, para fins alimentícios normalmente utiliza-se o etanol acidificado com ácido clorídrico por este ser considerado como seguro (LOPES, 2002; PALUDO, 2013).

A capacidade antioxidante também pode ser mensurada por espectrofotometria, onde se inibe a atividade dos radicais livres sintéticos que possuem em sua conformação moléculas reativas de oxigênio, que ocorre com o sequestro dos radicais DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) e ABTS•+ [ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)], sendo o último mais utilizado e adequado para análises das atividades antioxidantes de fontes orgânicas em frutas devido a conformação das moléculas do radical possuírem ligações fenólicas que interagem com os compostos bioativos presentes no organismo de interesse (KUSKOSKI *et al.*, 2005; RUFINO *et al.*, 2007; DA SILVEIRA *et al.*, 2018; BECKER *et al.*, 2019).

Os radicais DPPH• e ABTS•+ são orgânicos sintéticos de coloração arroxeada e azul/verde, respectivamente, quando há alta concentração de moléculas antioxidantes em uma solução, sua coloração se intensifica e após a captura dos radicais, a intensidade da coloração reduz. Deste modo, a capacidade antioxidante pode ser determinada ao mensurar da presença do radical em uma solução, avaliada através de espectrofotometria em um comprimento de onda específico e a concentração de radicais livres mensurada a partir da reta de calibração equivalente de Trolox ( $\mu\text{M}$ ). (FREIRE *et al.*, 2013; BECKER *et al.*, 2019; PALUDO, 2013).

## 2.6 SANITIZAÇÃO

Levando em conta que certos compostos são utilizados durante a desinfecção de instrumentos e instalações visando alcançar níveis mínimos de microrganismos existentes sobre uma superfície, como a amônia, clorados, iodóforo, peróxido de hidrogênio e o ácido peracético, a aplicabilidade destes diretamente sobre produtos frescos vêm sendo avaliadas (MORETTI & MATTOS, 2008).

Existem moléculas que atuam na redução da taxa microbiana e oferecem benefícios às culturas, como é o caso do ácido peracético, que apresenta alta eficiência sanitizante e não se limita apenas a desinfecção de materiais como também é uma alternativa para a manutenção da qualidade de frutos na pós-colheita, pois possui propriedades antifúngicas que variam conforme a concentração e exposição ao produto, pois pode atuar diretamente sobre a estrutura dos conídios afetando a capacidade de infecção do agente (RAMALHO NETA, 2017).

O ácido peracético é um composto altamente estável com rápida ação biocida em relação à atividade do dióxido de cloro, apesar disso é considerado corrosivo por atuar como um oxidante sobre as estruturas patogênicas podendo causar efeitos indiretos sobre a epiderme do produto a que é aplicado (GROSS, WANG, SALTVEIT, 2016). A aplicação do composto pode ser realizada em pós-colheita por suspensão ou imersão em solução contendo diferentes concentrações de ácido peracético ou com os produtos hortícolas, como o caso do morango, ainda em campo pois não possui ação residual e diferente do dióxido de cloro, não gera interação molecular ou formação de subprodutos tóxicos a saúde humana (MARI *et al.*, 1999; SANTAELLA, 2007).

O produto PRO15© 2019 desenvolvido pela empresa LR2 possui o ácido 1-hidroxietano-1,1-ide-de-ácido fosfônico, que atua na rota de complexação do  $Fe^{3+}$  e promove a síntese de enzimas, aminoácidos e moléculas energéticas como  $NADP^+$  e  $NADPH$ . De maneira indireta, ativa as defesas naturais do organismo, além de desencadear a produção de peróxido extracelular causando um maior desenvolvimento da planta durante a floração e formação do fruto. Vale ressaltar, que o produto oferta até 0,33 g de boro e 0,055 g de molibdênio por litro, estes auxiliam na absorção de outros nutrientes como Ca, Mg e F, atuam na formação de novos tecidos e no metabolismo energético como cofatores enzimáticos, além de possuir em maior quantidade (5%) o acidificante a base de ácido peracético (LR2, 2019).

A sanitização do produto antes da comercialização aumenta sua qualidade, pois remove a fonte de inóculo de patógenos que podem se expressar na pós-colheita. O cloro é um dos agentes sanitizantes mais utilizados, pois apresenta baixo custo e alta eficiência, porém, o uso deste produto vem sendo suspenso devido às dependências de pH e interações moleculares com o produto que podem produzir agentes cancerígenos prejudiciais ao consumidor. Como consequência disso, novos produtos vêm sendo explorados no âmbito da sanitização vegetal, como é o caso do ácido peracético, um óxido persistente e sem especificidade vegetal que possui ligação dupla entre carbonos, característica que permite uma maior resistência estrutural do organismo e reduz a ocorrência de agentes patogênicos. Estudos comparativos demonstraram que o uso de 200 ppm de hipoclorito de sódio e 20 ppm de ácido peracético por 2 min não apresentaram diferença estatística, sendo ambos semelhantemente eficientes no controle de microrganismos naturais (MEIRELES, 2016; NICOLAU-LAPENÃ *et al.*, 2019).

No Brasil, o uso de defensivos químicos é permitido e fiscalizado principalmente pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), responsável por inspecionar os produtos e avaliar a taxa de resíduos presentes nos produtos agrícolas, onde é avaliada a presença de resíduos pelo indicador limite máximo de resíduo (LMR), onde este possui uma taxa de concentração aceitável, levando em consideração o correto modo de aplicação e concentração a partir dos padrões especificados no produto, sendo a concentração expressa em partes por milhão (ppm) ou por peso de produto (mg/kg) (LIMA, 2015).

Segundo o relatório do Programa de Análises de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) emitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em 2018, podemos identificar que em um grupamento de 157 amostras de morango avaliadas, cerca de 0,6% continham algum resíduo químico com potencial de risco agudo à saúde dos consumidores, porém, segundo o órgão, esse potencial é considerado aceitável (ANVISA, 2020). Quando analisado a exposição ao agente químico sobre o aplicador, o risco passa a ser considerado potencialmente agressivo, principalmente quando não há o uso dos equipamentos obrigatórios de proteção individual, ou quando o responsável pela produção recomenda o uso de doses excedentes, agindo com inconformidades às autorizações dos órgãos fiscalizadores

Há diversos patógenos que podem causar danos severos à cultura do morango, estes podem ser subdivididos de acordo com o local de ocorrência, podendo causar danos desde às raízes até a parte aérea e o produto comercial. Há mais de 50 espécies de patógenos que acometem a cultura, desse modo, é estritamente necessário conhecer as condições de cultivo da

cultura, os possíveis agentes patogênicos e diferentes métodos de controle visando o melhor custo-benefício dentro das opções de manejo (HUSANI, MERCADO, 2011; ANTUNES, REISSER JUNIOR, SCHWENGBER, 2016).

O *Botrytis cinerea* Pers. & Fr. [telomorfo: *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel] e *Rhizopus spp*, são os mais importantes e recorrentes patógenos que incidem sobre morangos. O gênero *Botrytis* possui mais de 30 espécies e variações, sendo que a principal patologia incidente no morango é a ocorrência do mofo cinza, causado principalmente por *Botrytis cinerea*, onde os sintomas do patógenos se intensificam nas regiões de temperatura e umidade elevadas, sendo preferíveis temperaturas de 22 a 25° C e umidade relativa de 90 a 100% para a germinação do esporo. Além disso, o patógeno possui capacidade de permanecer em seu estágio de dormência na forma de escleródios sobre o substrato quando submetido às condições desfavoráveis à infecção. O agente *Rhizopus spp* se expressa principalmente na pós-colheita, quando o fruto é submetido ao armazenamento com alta umidade e água livre, esses fatores desencadeiam uma podridão mole dos tecidos, depreciando o mesmo comercialmente pelas características visuais e estruturais indesejáveis (MILIČEVIĆ *et al.*, 2006; LI *et al.*, 2012; ANTUNES, REISSER JUNIOR, SCHWENGBER, 2016; DOWLING, HU, SCHNABEL, 2017; BIAZOTTO, 2019; LOPES *et al.*, 2019; AGYARE, MAGAN, XU, 2020).

Os agentes etiológicos citados promovem diferentes alterações sobre a estrutura do tecido da unidade infectada, quando atacado por *Botrytis*, não há extravasamento de líquido pelo fruto, permanecendo com aspecto mumificado, em contrapartida, a espécie do gênero *Rhizopus*, promove uma podridão mole, amolecendo os tecidos na região afetada e que se espalha para todo o fruto à medida que se intensifica. Apesar dos diferentes sintomas que cada patógeno expressa após a infecção, ambos possuem as mesmas dependências relacionadas aos fatores climáticos, sendo a temperatura e umidade elevadas (ANTUNES, REISSER JUNIOR, SCHWENGBER, 2016; AGYARE, MAGAN, XU, 2020).

Considerando que o armazenamento em câmara fria é a principal técnica utilizada para prolongar a vida útil dos frutos, é interessante avaliar técnicas de sanitização em pré e pós-colheita que proporcionem a extensão da vida de prateleira do fruto e reduzam a ocorrência de danos patológicos, principalmente do gênero *Botrytis*, que é capaz de causar prejuízos em frutos armazenados em temperatura de 0 a 10 °C (TOFOLI, FERRARI, DOMINGUES, 2020).

## 2.7 PÓS-COLHEITA

Considerando a suscetibilidade do morango a condições como flutuações térmicas e manuseio excessivo entre os processos de colheita, transporte e comercialização, é habitual a adoção de práticas para a manutenção da qualidade (BOTTON *et al.*, 2005; ANAMI, *et al.*, 2022). Há diferentes indicadores que definem a qualidade de frutas frescas comercializadas, de modo geral, aparência visual, textura e as características organolépticas podem determinar a comercialização, logo, não considerar os fluxos existentes após a colheita pode comprometer a qualidade final destes produtos e reduzir a rentabilidade obtida por eles (CENCI, 2006).

Visando a manutenção da qualidade de morangos frescos, existem diferentes técnicas que podem ser adotadas na pós-colheita dos frutos que variam de acordo com o nível tecnológico. Os métodos mais utilizados consistem no resfriamento rápido dos produtos, que variam de acordo com fonte utilizada, podendo ser água gelada com o hidrosfriamento, ar frio ou ar forçado e resfriamento a vácuo que visam reduzir a atividade metabólica submetendo o fruto a uma temperatura próxima a 0 °C (MORETTI, MATTOS, 2008).

A refrigeração é eficiente em reduzir a ação de agentes externos além de influenciar a estrutura interna e externa dos frutos retardando a degradação natural, principalmente nos produtos que possuem uma vida pós-colheita reduzida, como é o caso do morango, isso pois as baixas temperaturas reduzem a respiração celular e a degradação das células, prolongando a vida de prateleira do fruto (AMAL *et al.*, 2010, HIKAWA-ENDO, 2020). A variação de temperatura influencia o sabor do fruto pela capacidade de induzir ou inibir a síntese de compostos voláteis que determinam a qualidade organoléptica do morango, que se submetido a uma temperatura de 5 a 10 °C produzem mais compostos aromáticos que aqueles armazenados a 0 °C, pois a redução na temperatura de armazenamento preserva as características do fruto por reduzir a atividade metabólica e a senescência natural (BRACKMAN *et al.*, 2002; DO NASCIMENTO NUNES, 2008; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2016).

Apesar da característica não climatérica, o morango pode apresentar alterações em suas características internas e externas após a colheita, pois a estrutura do fruto é diretamente afetada pela condição ambiente a qual é submetido. Externamente as diferenças são mais perceptíveis pois ocorre a dissolução das células que compõe a lamela média seguida da degradação da parede celular, não sendo recomendado seu armazenamento por mais de 7 dias quando submetidos a temperatura ambiente, além disso, a velocidade da degradação vai variar de

acordo com a temperatura do ambiente, sendo a faixa de 0 a 5,5 °C a mais utilizada durante o armazenamento (NUNES, EMOND, 1999; KUMAR *et al.*, 2021).

Considerando que a produção agrícola dista dos centros de comercialização, a utilização de embalagens anatômicas se tornou vantajosa ao reduzir os danos mecânicos causados durante o transporte de morangos a longas distâncias, pois a vibração do trajeto pode causar choques entre as embalagens e frutos, além de serem a base de um material inerte sem influência sobre as características do fruto (MORETTI, MATOS, 2008; EMBRAPA, 2016; HIKAWA-ENDO, 2020). Além disso, as embalagens convencionais, que consistem em uma cubuca de plástico de polietileno recoberto com um filme polimérico a base de policloreto de vinila (PVC), mantém os frutos em contato entre si e a presença do plástico filme ao redor da embalagem favorece a proliferação de patógenos entre os frutos, apesar de reduzir a perda de massa total, apresentando uma perda máxima de 0,5% em 6 dias de armazenamento (MALGARIM, CANTILLANO, COUTINHO, 2006; JUNIOR *et al.*, 2017).

O cloreto de cálcio é um composto amplamente utilizado, Garcia, Herrera e Morilla (1996) apresentaram variações tanto nas concentrações de  $\text{CaCl}_2$  quanto nas temperaturas da água que os morangos foram submersos e obteve resultados mais efetivos quanto a conservação da firmeza nos frutos tratados com submersão em água a 25 °C + 1%  $\text{CaCl}_2$  do que em frutos que foram resfriados a 1 °C sem nenhum tratamento, ambos armazenados a 18 °C por dois dias. Esse resultado corrobora com os encontrados por Wan Mahfuzah *et al.* (2012) que obteve morangos mais firmes e com melhor aparência externa quando tratados com solução de água + 1% de  $\text{CaCl}_2$  com posterior armazenamento refrigerados a 10 °C por 12 dias.

Quando aplicado em pós-colheita, o cloreto de cálcio promove uma maior estabilidade à parede celular por estimular a formação de pontes catiônicas cruzadas entre as moléculas de pectinas da parede celular ou então devido a capacidade de inibir a enzima poligalacturonase que atua na degradação de pectatos durante o processo de amadurecimento ou senescência. (GARCIA, HERRERA, MORILLA, 1996; SENEVIRATHNA, DAUNDASEKERA, 2010). O cloreto de cálcio como agente sanitizante é amplamente utilizado, por agir de maneira indireta na redução da proliferação de patógenos, pois reduz a síntese de enzimas pectiolíticas, que promovem a degradação da parede celular, por aumentar a concentração de íons de cálcio que se ligam com ácidos pécticos intracelulares gerando cloretos de pectatos que são resistentes a enzimas fúngicas pectiolíticas (EL-MOUNGY, EL-GAMAL, ABDALLA, 2008).



Para a sanitização dos frutos, é necessário promover um meio estéril que impeça a expressão patogênica e a contaminação da água, isso pode ser feito com o auxílio de produtos à base de cloro, de modo que 10 ppm da molécula são capazes eliminar bactérias, e para esporos fúngicos, devido a sua capacidade de sobreviver na forma de dormência, é necessário maior concentração do agente sanitizante, variando entre 80 e 100 ppm de cloro livre. O morango é extremamente sensível ao dano e à água livre, logo, quando submetido à processos de imersão para tratamento térmico ou sanitizante, é possível que sua viabilidade reduza devido ao contato e acúmulo de água sobre sua estrutura, desse modo, é necessário realizar o tratamento da maneira menos agressiva possível, para remover resquícios de sujeira proveniente da colheita ou transporte (CENCI, 2006; TERUEL, 2008; NISHAD, NAMDEO, CHARYULU, 2018).

A associação entre tratamento térmico e sanitizante atua de maneira efetiva na inativação patogênica, porém, a exposição do produto hortícola ao cloro pode ser considerada inapropriado como medida de controle em relação as medidas de segurança alimentar (NOUR, PLESOIANU, IONICA, 2021). Há diversos compostos que possuem propriedades sanitizantes e atuação direta no desenvolvimento qualitativo da planta, a adoção de produtos sanitizantes na pós-colheita deve ser feita de maneira coerente evitando o uso indiscriminado, caso contrário, podem se tornar potencialmente prejudicial à saúde humana (SENHOR *et al.*, 2009b).

De acordo com Flores Cantillano e Da Silva (2010), parte da composição mineral dos frutos engloba os nutrientes cálcio e fósforo, responsáveis principalmente pela conformação estrutural e resistência das plantas, atuando diretamente na estrutura dos tecidos das células, logo, o uso de compostos químicos protetivos, como os sais orgânicos, são opções de agentes sanitizantes que podem ser utilizados como controle e manutenção da qualidade pós-colheita.

O cálcio também é capaz de atuar positivamente sobre os tecidos do morango na pós-colheita, atuando na conformação da parede celular das células. A submersão do morango em solução de até 2% de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ), apresentou resultados efetivos nas características químicas, com o aumento no teor de antocianinas e ação antioxidante, além disso, quando associado a tratamentos térmicos com uso da água, promovem mais estabilidade do pH, impedindo a proliferação de patógenos, menor absorção da água livre e menor taxa de deformação (PONCE *et al.*, 2010; TURMANIDZE *et al.*, 2017; DE ARAÚJO, 2019).

Além da ação direta sobre o ataque de patógenos, reduzindo sua incidência e a podridão dos frutos armazenados, a variação nas concentrações de cloreto de cálcio promove resultados

distintos, concentrações menores de 1%, apresentam frutos com maior qualidade físico-químicas, e concentrações acima de 4% promovem uma menor perda de massa e firmeza (CHEN, *et al.*, 2011; NIAZI, GHANBARI, ERFANI-MOGHADAM, 2021). Utilizar a concentração de cloreto de cálcio a 2%, promove um incremento na capacidade antioxidante, apresenta menor perda de peso, e não influencia negativamente no teor de fenólicos totais e degradação do morango quando a solução permanece em temperatura ambiente a 20 °C (NIAZI, GHANBARI, ERFANI-MOGHADAM, 2021).

A aplicação de sanitizantes em pós-colheita pode ser considerada uma técnica de extensão de vida útil por agir diretamente sobre fatores que degradam e reduzem a qualidade integral dos frutos, como é o caso de sanitizantes à base de hipoclorito e suas variantes ou o ácido peracético, que é considerado menos nocivo à saúde pela rápida dissociação das moléculas em água. Os sanitizantes possuem ação externa ao produto a que é submetido, logo, espera-se que não ocorram efeitos negativos sobre as qualidades físico-químicas do produto durante a pós-colheita e conseqüentemente, durante o momento da comercialização e consumo.

Devido à alta perecibilidade e sensibilidade do morango, é importante que o manuseio seja mínimo, pois os atritos geram danos físicos que favorecem a ocorrência de distúrbios e incidência patogênica, logo, as embalagens comerciais devem cumprir algumas exigências. Através da Instrução Normativa Conjunta N° 9, de 12 de novembro de 2002, publicada pela ANVISA (2002), foram estabelecidos alguns requisitos para o acondicionamento de produtos hortícolas in natura em embalagens próprias para comercialização.

No âmbito geral, a definição da embalagem subsidia a tomada de decisão, onde deve ser possível satisfazer três objetivos básicos: obter facilidade de comercialização e padronização de volume por embalagem; proteger o fruto de lesões incidentes durante o transporte e de condições climáticas desfavoráveis; e fornecer informações relevantes e de fácil interpretação sobre a origem e características específicas do ao consumidor (EL-RAMADY *et al.*, 2015; NISHAD, NAMDEO, CHARYULU, 2018).

Existe uma diversidade de embalagens com variações estruturais, funcionais e econômicas, podendo ser a base de plástico, metal, alumínio, vidro e celulose, porém, todas possuem um objetivo em comum, prolongar a vida de prateleira, reduzir os danos superficiais e facilitar o manuseio preservando as características químico-físicas do produto (CASTILLO PIZARRO *et al.*, 2009; GUIMARÃES *et al.*, 2014). É necessário avaliar o custo de produção

e o valor agregado no momento de definir a embalagem a ser utilizada para o morango, as embalagens mais utilizadas são as que oferecem maleabilidade, resistência e custo-benefício, normalmente a base de polímeros sintéticos, como o caso do polietileno tereftalato (PET), utilizado intensamente na indústria por oferecer alta rigidez e baixa absorção da umidade. Ademais, embalagens PET e PVC são eficientes na manutenção das características físico-químicas de morango, pois evitam a perda de massa e preservam as características visuais de coloração e estrutura física (EMBRAPA UVA E VINHO, 2015; CASTILLO PIZARRO *et al.*, 2009; YAMASHITA *et al.*, 2006).

Apesar das vantagens da adoção das embalagens, é necessário avaliar a viabilidade e o comportamento dos frutos acondicionados neste ambiente específico. A espessura da embalagem onde fruto será mantido vai interferir diretamente na troca gasosa e permeabilidade das moléculas de água entre a embalagem e o meio, em relação a característica do produto, frutos mais firmes e com menor incidência de fungos foram encontrados em embalagem com tripla camada de filme de PVC (CASTILLO PIZARRO *et al.*, 2009; PONCE *et al.*, 2009). Outra característica a ser avaliada é a perfuração, embalagens não perfuradas promovem a condensação de moléculas na superfície que formam um filme de água sob os frutos ou uma umidade favorável à ocorrência de patógenos, sendo observado um incremento na vida de prateleira de frutos quando são adotadas perfurações nas embalagens (RIBEIRO, 2020).

Deste modo, é possível identificar diferentes técnicas que podem ser adotadas no manejo pós-colheita dos produtos hortícolas, em especial para o morango, exige-se alguns métodos menos incisivos que permitam com que o fruto permaneça com suas qualidades físico-químicas, vale ressaltar, que a adoção de qualquer método de armazenamento irá expressar resultados eficientes apenas se o fruto estiver íntegro e sem danos expressivos no momento da colheita.

## 2.8 HIDRORESFRIAMENTO

Os métodos de controle térmico têm ação efetiva na redução da expressão e intensidade da ação patogênica em frutos. No caso de ataque por *Botrytis cinerea*, é necessário submeter os frutos em temperatura  $\leq 0$  °C, pois o patógeno pode se desenvolver efetivamente nesta faixa de temperatura. Além disso, o método de resfriamento para o morango sempre deve estar

associado à manutenção da umidade relativa do ar, mantendo-a entre 90 e 95% no local de armazenamento (CENCI, 2006; FLORES CANTILLANO, 2010; PONTE *et al.*, 2015).

Apesar das vantagens que o método oferece, submeter frutos a temperaturas extremamente reduzidas ou armazená-los por um longo período, promove distúrbios fisiológicos irreversíveis expressos de maneira visual e organoléptica, como a ocorrência de manchas devido à degradação das células da hipoderme ou perda de firmeza da polpa e redução de compostos aromáticos e de sabor (SENHOR *et al.*, 2009b).

É possível utilizar a variação da temperatura a fim de promover uma maior vida de prateleira para os frutos. Métodos como o tratamento hidrotérmico, resfriamento a vácuo, vapor aquecido, aquecimento do local de armazenamento ou a submissão de morangos a temperaturas elevadas, têm demonstrado resultados eficientes na redução da degradação, vale ressaltar, que o morango é altamente perecível e se submetido à temperaturas de até 30 °C após a colheita sem resfriamento posterior, podem ocorrer redução de firmeza da polpa, escurecimento do fruto e ocorrência de podridões (VICENTE *et al.*, 2006; TERUEL, 2008; SENHOR *et al.*, 2009b; JING *et al.*, 2010; BOKHARY *et al.*, 2020).

Outro meio para prolongar a conservação utilizado é o resfriamento à ar por convecção ou ar forçado, que consiste em armazenar os produtos em câmara fria com temperaturas extremamente baixas e recirculação de ar, ambas as técnicas inibem o desenvolvimento de patógenos e possuem baixo risco de contaminação pela água, porém, é importante que ocorra e manutenção das condições sanitárias no local (CENCI, 2006; CANTILLANO *et al.*, 2012). No caso do morango, o resfriamento por convecção a 0 °C, leva cerca de 24 horas para atingir a temperatura de 3 °C, sendo um processo lento de resfriamento da polpa, e o método por ar forçado apresenta redução acelerada e homogênea da temperatura da polpa, porém, altera a estrutura do fruto além de ocasionar a perda de água (MERCIER, BRECHT, UYSAL, 2019).

O hidroresfriamento consiste na utilização de água gelada via imersão ou pulverização, promovendo um resfriamento homogêneo do fruto sem prejudicá-lo fisicamente (BECKER, FRICKE, 2002). O tamanho do fruto, sua temperatura inicial e o período submetido ao tratamento térmico são fatores a serem considerados, pois o tempo de resfriamento varia de acordo com o tamanho, onde frutos maiores permanecem por mais tempo sob resfriamento (TERUEL, KIECKBUSCH, CORTEZ, 2004; FERREIRA *et al.*, 2018).

O método de hidrosfriamento promove a manutenção estrutural dos frutos por inibir sua degradação natural, porém, as frutas vermelhas em geral podem possuir sensibilidade ao método. Quando aplicado em morangos, adota-se uma temperatura de 2 °C para a solução do hidrosfriamento, sendo esta temperatura capaz de reduzir a atividade microbiana sem danificar a integridade dos frutos além de promover um resfriamento rápido (TOKARSKYY *et al.*, 2015; NASIOPOULOU, 2020). Para determinar o período necessário de permanência do fruto sob hidrosfriamento até atingir o resfriamento completo, utiliza-se o parâmetro de “tempo de meio resfriamento” ou “tempo de 7/8 de resfriamento”, a partir destes, é possível calcular o período necessário de permanência na condição de resfriamento para obter os melhores resultados (ASHRAE, 1994; MOHSENIN, 1980; TERUEL, 2008).

Esta técnica promove a rápida redução da temperatura da polpa entre 10 minutos á 1 hora de submissão, além de estabilizar as características físico-química do fruto, apesar disso, pode ocorrer a formação de água livre no interior da embalagem que favorece a ação de patógenos, diante disso, é possível utilizar fontes sanitizantes associadas ao método de resfriamento para evitar a contaminação pela presença do filme de água (JACOMINO *et al.*, 2011; GROSS, WANG, SALTVEIT, 2016; NISHAD, NAMDEO, CHARYULU, 2018; NASIOPOULOU, 2020).

### 3 OBJETIVOS E HIPÓTESES

O objetivo principal da pesquisa foi avaliar a eficiência da sanitização em pré- e pós-colheita, além do tratamento físico com hidroresfriamento na pós-colheita de morangos ‘San Andreas’ e sua resposta quando armazenado sob condições de temperatura ambiente e câmara fria, a fim de retardar a proliferação de patógenos e ampliar a vida útil do morango.

#### 3.1 HIPÓTESES

- A sanitização promove a extensão da vida de prateleira de morangos nas três principais dimensões: estrutura física, sanidade vegetal e qualidade química;
- A técnica de hidroresfriamento é factível e capaz de manter a qualidade física, química e sanitária dos frutos, sem degradar o fruto ou seus compostos bioquímicos;
- Aplicar o tratamento térmico associado a um agente sanitizante na pós-colheita de morangos e posteriormente armazená-los em câmara fria, amplia o período de armazenamento por reduzir a incidência de distúrbios patogênicos;

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os benefícios de tratar morangos ‘San Andreas’ em pré e pós-colheita para o produtor e o consumidor;
- Avaliar a vida de prateleira dos frutos acondicionados em embalagens PET mediante tratamentos físicos e sanitários e a relação destes com o armazenamento em temperatura ambiente e câmara fria;
- Agregar valor aos morangos através de técnicas de extensão de vida útil e determinar a técnica mais eficiente para os fatores avaliados dentre os tratamentos aplicados.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA EXPERIMENTAL

Os morangos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa eram oriundos de mudas que foram implantadas no local em junho/2019. Os frutos foram da cultivar San Andreas, uma planta de dias neutros que produz frutos grandes e alongados, de coloração e polpa vermelho escuro, e foram produzidos na Chácara Sole, pertencente à Sole Hortifruti., localizada na cidade de Ponta Grossa, município do Paraná, no Segundo Planalto Paranaense, sendo o núcleo dos Campos Gerais do Paraná, presente na região Sul do Brasil. O município dista 103 km da capital administrativa do estado. O clima da cidade foi classificado como Cfb de acordo com Köpper e Geiger, com temperatura média anual de 18.3 °C e pluviosidade de 1.505 mm por ano. A área está localizada em latitude -25.023508 e longitude -50.266487, na Vila São Lucas - Bocaina, distante 25 km da sede da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG campus Uvaranas. O local conta com cultivo protegido em 865 m de altitude sob fertirrigação em slabs (Figura 1).

Figura 1: Estrutura externa e interna da área de cultivo protegido com as cultivares ‘Albion’ e ‘San Andreas’ na Chácara Sole, localizada em Ponta Grossa -PR, 29/09/2021



Fonte: O autor.

Não foi realizada nenhuma aplicação fitossanitária nos frutos, de modo que foi realizada apenas a fertirrigação diária através de solução nutritiva, com o balanceamento individual dos nutrientes e uso de sais hidrossolúveis pela mensuração do pH da solução. Os frutos colhidos em toda a safra eram comercializados majoritariamente na região dos Campos Gerais e grande Curitiba, sendo um mercado amplamente competitivo tanto na dimensão econômica, quanto na comercial, através da oferta de frutos com maior qualidade sanitária e vida útil mais extensa.

## 4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para avaliar o comportamento dos frutos de morango no período de pós-colheita, foram aplicados cinco tratamentos, além do tratamento determinado como controle, e estes foram repetidos quatro vezes para validação do método, os tratamentos e suas respectivas descrições estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Definição dos tratamentos pré e pós-colheita aplicados nos frutos de morango ‘San Andreas’ com a indicação de suas respectivas nomenclaturas de identificação dispostas nas etiquetas aplicadas em cada embalagem

Tratamento	Fertilizante ácido peracético® (pré-colheita)	Hidroresfriamento (pós-colheita)	Cloreto de cálcio (CaCl <sub>2</sub> )	Fertilizante ácido peracético® (pós-colheita)
T0	-	-	-	-
T1	X	-	-	-
T2	X	X	-	-
T3	-	X	-	-
T4	-	X	X	-
T5	-	X	-	X

Fonte: O autor.

## 4.3 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

As atividades iniciaram no dia 29 de setembro nas primeiras horas do dia com a aplicação em dose única do produto PRO15® superficialmente na planta e frutos, com o auxílio de um pulverizador costal motorizado para garantir a uniformidade do volume e pressão de aplicação (Figura 2). A área total da estufa foi dividida em duas parcelas das quais apenas uma recebeu a aplicação do produto, os frutos presentes nas linhas de bordadura não foram colhidos.

O produto possui ação sanitizante e recomendação para a cultura do morango, não possui período de carência ou ação residual sobre o produto comercial para consumo, em sua composição possui 0,33 g/L de boro, 0,055 g/L de molibdênio e 5% de ácido peracético, que



foi solubilizado a uma concentração de 15 ml em 10 L de água, uma proporção de 1,5 ml/L conforme recomendação do fabricante.

Figura 2: Aplicação do fertilizante líquido misto ácido peracético® na área de cultivo comercial pertencente à Sole Hortifruti. Ponta Grossa - PR, 29/09/2021



Fonte: O autor.

A colheita dos frutos foi realizada duas horas após a aplicação do ácido peracético, com o auxílio da equipe presente na área que possui experiência na colheita e identificação do ponto de maturação comercial, definido como 75% da epiderme vermelha. Durante a colheita, os frutos foram alocados em cestas plásticas e posteriormente dispostos em caixas plásticas com volume de até 5 Kg por caixa para o transporte, evitando um volume e peso excessivos sob os frutos na parte inferior da caixa. As caixas foram devidamente identificadas de acordo com a presença ou ausência do produto sanitizante aplicado em pré-colheita. Os frutos foram manuseados o mínimo possível até a condução ao laboratório de Biotecnologia Aplicada à Fruticultura (LabFrut) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

#### 4.4 TRATAMENTOS PÓS-COLHEITA

Com os frutos no laboratório, foi realizada a subdivisão deles em dois grandes grupos, de acordo com a presença ou ausência de aplicação prévia de fertilizante mineral na pré-colheita, e posteriormente à subdivisão, os frutos foram direcionados aos tratamentos.

Com o objetivo de evitar possíveis danos aos frutos após a colheita e manuseio, os tratamentos térmicos com hidrosfriamento foram os primeiros a serem realizados. O procedimento consistiu na remoção do gelo das garrafas plásticas e a disposição destes em um tanque previamente esterilizado com álcool 70% e o enxágue com água destilada para evitar contaminações. O hidrosfriamento consistiu na adição de 10 L de água destilada que permaneceu a temperatura de 0 °C, em um tanque disponível no laboratório, de modo 1/4 da solução estava em sua forma líquida e 3/4 estava congelada, o processo de congelamento da água destilada ocorreu dias antes à aplicação dos tratamentos. Foram submetidos ao tratamento térmico, um volume de 20 Kg de fruto para cada tratamento, sendo esta, a quantidade necessária para compor cada tratamento e suas repetições (Figura 3).

Figura 3: Frutos de morango submersos na solução de hidrosfriamento com água destilada em sua forma líquida e sólida. Ponta Grossa - PR, 29/09/2021



Fonte: O autor.

Após o preparo da solução de hidrosfriamento, a temperatura da água era de 1 °C. Conforme a determinação de Teruel (2008), a eficiência do processo de hidrosfriamento está diretamente relacionada com a permanência dos frutos na solução por um período semelhante ao do resfriamento de 7/8, o qual foi calculado a partir da mensuração da temperatura da polpa de três frutos selecionados ao acaso logo após a colheita, com o auxílio de um termômetro digital de contato. A média dos valores aferidos apontou 21 °C de temperatura, deste modo, os frutos foram dispostos na solução e a redução da temperatura da polpa foi sendo monitorada até que atingisse a temperatura equivalente de 7/8 de resfriamento, próxima à temperatura do meio, e após uma hora os frutos atingiram a temperatura de polpa de 2,5 °C.

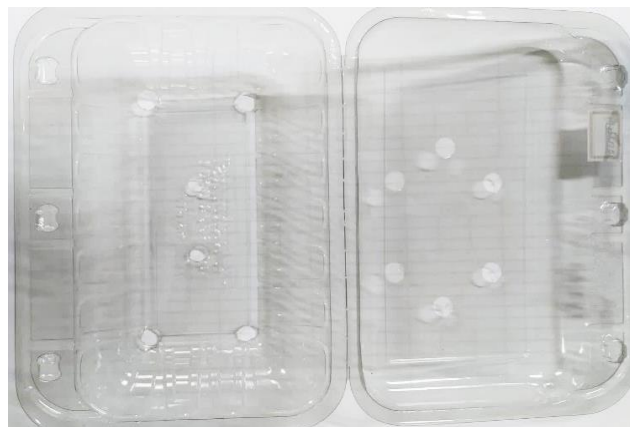
O tratamento com adição de Cloreto de Cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) constituiu-se da solução de hidroresfriamento com adição de 2% do fertilizante mineral simples constituído de 77% de  $\text{CaCl}_2$  solúvel em água, de modo que foi diluído 200 mg do produto para compor a solução de hidroresfriamento padrão. Para compor a solução com o fertilizante ácido peracético em pós-colheita, foi solubilizado a uma dose de 15 ml na solução de hidroresfriamento padrão.

Após o resfriamento dos frutos, estes foram removidos com o auxílio de uma peneira de dimensões 21 x 21 x 10 cm e dispostos em uma bandeja de 45 x 28 x 7 cm devidamente higienizada para facilitar a seleção e disposição dos frutos nas embalagens das parcelas correspondentes. A solução térmica foi escoada após cada tratamento, removendo a água superficial presente nos frutos para não causar interferência nos tratamentos posteriores.

#### 4.5 ARMAZENAMENTO

À medida que os tratamentos foram sendo realizados, houve a alocação simultânea dos frutos nas embalagens, evitando assim que os frutos sofressem ação do ambiente. Foram utilizadas cumbucas de poli tereftalato de etileno (PET) de dimensão 16 x 9,5 cm, com tampa abre e fecha e furos na parte superior e inferior, para possibilitar a aeração e manutenção da umidade em seu interior. As embalagens foram adquiridas apenas com os frutos na face superior e a face inferior foi perfurada manualmente com seis perfurações, uma em cada extremidade da embalagem e mais duas na face central, procedimento realizado visando garantir que a água presente na superfície dos frutos escoe para fora da embalagem, evitando a presença de água livre em contato com os frutos no interior da embalagem (Figura 4).

Figura 4: Embalagem de politereftalato de etileno com perfurações superiores e inferiores



Fonte: O autor.

Os frutos apresentavam uma variação natural de coloração e foram selecionados ao acaso para compor as embalagens, onde foram dispostos de 7 a 10 frutos com a presença do cálice, horizontalmente no interior das embalagens sem a sobreposição de frutos, em embalagens PET que possuíam um peso médio de 80 g ( $\pm 5$ g).

#### 4.6 PERÍODOS DE AVALIAÇÃO

Com os frutos nas embalagens, cada unidade foi disposta nos respectivos locais de armazenamento a qual estavam designadas, onde havia quatro repetições de cada tratamento em cada local de armazenamento. As embalagens permaneceram por tempos determinados em dois locais de armazenamento, sendo uma sala anexa ao laboratório de biotecnologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, onde as embalagens permaneceram em temperatura ambiente à aproximadamente 20 °C ( $\pm 2$  °C), e em câmara fria à temperatura de 0 °C ( $\pm 2$  °C) (GROSS, WANG, SALTVEIT, 2016) sem controle de umidade relativa (Figura 5).

Figura 5: Disposição das embalagens de morango em temperatura ambiente a 20 °C ( $\pm 5$  °C) (a) e embalagens dispostas em câmara fria a temperatura de 0 °C ( $\pm 2$  °C) (b)



Fonte: O autor.

Dentro de cada local de armazenamento, as embalagens foram dispostas de forma aleatória, respeitando a proximidade entre as embalagens de cada tratamento. As embalagens alocadas em temperatura ambiente permaneceram nesta condição por até quatro dias, as quais

foram avaliadas em intervalos de dois dias, as embalagens armazenadas em câmara fria permaneceram nesta condição por até nove dias, após esse período, as embalagens foram retiradas da câmara fria após sete e nove dias e dispostas em uma sala sob condição de temperatura ambiente por dois dias para realização das análises.

Esse processo ocorreu para simular uma condição comercial, considerando que os frutos permanecem em condições de temperatura ambiente durante o processo de transporte e distribuição aos centros de comercialização e posteriormente direcionados à casa do consumidor final. As análises físico-químicas foram realizadas conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2: Cronograma de análises físico-químicas com descrição dos períodos de armazenamento que as embalagens permaneceram alocadas para posterior análise

Período	Dias de armazenamento*
Um dia após a colheita	01
Dois dias em temperatura ambiente	02
Quatro dias em temperatura ambiente	04
Sete dias em câmara fria + dois dias em temperatura ambiente	09
Nove dias em câmara fria + dois dias em temperatura ambiente	11

\*Quantidade total de dias de armazenamento independentemente do local. Fonte: O autor.

#### 4.7 ANÁLISES FÍSICAS

Após os períodos de armazenamento em câmara fria ou temperatura ambiente, foram selecionados os cinco frutos mais uniformes para submissão às análises químicas e físicas. Para analisar a resposta dos frutos aos tratamentos que compunham as avaliações após quatro dias em temperatura ambiente e nove dias em câmara fria + dois em temperatura ambiente, foram selecionados apenas quatro frutos. As análises físicas consistem na avaliação visual e mensuração da intensidade de dano mecânico e patogênico, características colorimétricas, perda de massa, frescor e a firmeza dos frutos ao fim de cada período de avaliação.

A intensidade do dano patogênico foi identificada através das estruturas reprodutivas dos patógenos na superfície dos frutos e mensurada através de uma escala descritiva, variando de 1 a 5, sendo 1 - sem incidência de patógenos; 5 - 100% do fruto afetado; 2 - 25% do fruto afetado; 3 - 50% do fruto afetado; 4 - 75% do fruto afetado. A escala foi aplicada avaliando a embalagem como um todo, onde ao fim, foi realizada uma média ponderada pela divisão da porcentagem total de infecção pelo número total de frutos correspondente em cada embalagem (MORAES, 2007; LIMA *et al.*, 2002).

Os danos mecânicos foram identificados e contabilizados na embalagem como um todo a partir da incidência nos frutos, de modo que a quantificação foi feita a partir do número de frutos com incidência de dano superficial em relação ao total de frutos presentes na embalagem e os valores expressos em porcentagem de dano mecânico (BERGAMIN FILHO, KIMATI, AMORIM, 1995; KIMATI *et al.*, 2005).

Para mensurar a coloração externa dos frutos foi utilizado o colorímetro digital modelo Cromameter CR-400/410 (Minolta, Osaka, Japão). Foram realizadas três leituras em diferentes locais da epiderme dos frutos, após as leituras, foi feita a média de coloração para cada fruto. Para a mensuração, foram utilizados os valores na coordenada-padrão CIE  $L^* a^* b^*$ , onde,  $L^*$  representa o brilho da superfície ( $L^*=100$  branco;  $L^*=0$  preto);  $a^*$  representa a intensidade de cor entre verde e vermelho ( $a^*$  mais negativo= mais verde;  $a^*$  mais positivo= mais vermelho), e  $b^*$  representa a intensidade de cor entre amarelo e azul ( $b^*$  mais negativo= mais azul;  $b^*$  mais positiva= mais amarelo). Para determinação do Chroma -  $C^*$  (tonalidade de cor), foram utilizados os valores de  $a^*$  e  $b^*$  como representado na fórmula 2, e ângulo de matiz -  $H^\circ$  determinada pela fórmula 3. A interpretação das medidas colorimétricas encontradas seguiu-se de acordo com o Manual Precise Color Communication (KONICA MINOLTA, 2007).

Fórmula 2 - Determinação do valor de Chroma (KONICA MINOLTA, 2007).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

Fórmula 3 - Determinação do ângulo de matiz (KONICA MINOLTA, 2007).

$$\hat{\text{Ângulo de matiz}} = H^\circ = \tan^{-1}\{(b^*)/(a^*)\}$$

Para determinar a perda de massa, as embalagens foram pesadas antes e depois de cada período de armazenamento com auxílio de uma balança digital, onde a perda de massa foi determinada matematicamente com os resultados expressos em gramas (g), pela subtração do peso inicial da embalagem pelo peso final após o armazenamento.

O frescor visual dos frutos foi mensurado a partir de uma escala, sendo: 1- Extremamente ruim: fruto sem estrutura física e escuro, impróprio para comercialização e consumo; 2- Ruim: fruto pouco firme, no limite de comercialização; 3- Intermediário: fruto pouco firme, sem brilho ou aparência fresca; 4- Bom: fruto firme, brilho intermediário e aparência pouco fresca; 5- Excelente: fruto íntegro, firme, alto brilho e aparência fresca (COSTA, 2009; CARPENEDO, ANTUNES, TREPTOW, 2016; OLIVEIRA, 2021). O frescor dos frutos está diretamente relacionado com a turgidez do cálice e o brilho da superfície, e para avaliá-los, os frutos de cada tratamento foram avaliados pelo teste de Friedman para amostras dependentes e pela análise de regressão com teste F para comparação de médias.

A firmeza do fruto foi medida com auxílio de um penetrômetro digital portátil modelo Instrutherm DD-200 modelo, onde foi mensurada a força necessária para penetrar 10 mm de polpa do fruto com o resultado expresso em Newtons (N) (DOVING, MAGE, VESTRHEIM, 2005; DE ALCÂNTARA, 2009; ANAMI, 2019).

#### 4.8 ANÁLISES QUÍMICAS

Para realizar as análises químicas, os frutos foram armazenados inteiros, com a remoção da área com sintomas de patógenos. Os frutos foram alocados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade (PEBD) com fecho ziplock de 0.8 micras de espessura para o armazenamento sob -18 °C por duas semanas.

Os sólidos solúveis totais (SS) foram determinados utilizando-se um refratômetro manual Modelo 103 (Biobrix, São Paulo, Brasil) e o resultado expresso em grau Brix (°Bx) (SILVA *et al.*, 2003; DORNEMANN, 2016). A relação açúcar/acidez (Ratio) foi dada pelo quociente entre grau Brix pelo valor da concentração de acidez titulável (FLORES CANTILLANO *et al.*, 2008). O pH e a acidez titulável foram determinados com auxílio de um pHmetro de bancada modelo Hanna Ph21. Para determinar a acidez titulável, foi coletado 5,0

g de polpa de fruta, a qual foi triturada em cadinho com auxílio de pistilo, após a maceração, adicionou-se 45 mL de água em Becker graduado para compor a solução. Foi utilizado hidróxido de sódio (NaOH) a concentração de 1,0 N para a titulação, o qual foi pipetado até a solução atingir pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em porcentagem de ácido cítrico como segue a fórmula 4 (DE MORAES *et al.*, 2008; AROUCHA *et al.*, 2010; BRASIL, 2018).

Fórmula 4 - Determinação da acidez titulável expressos em % de ácido cítrico.

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{v * N * F * 100}{V} * 100$$

Onde: v (ml) = volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação em mL;

N = normalidade da solução de hidróxido de sódio;

F = fator equivalente-miligrama de ácido cítrico - 0,06402;

V = volume da amostra em mL.

Após obter os dados de acidez titulável, e convertê-los para % de ácido cítrico, todos os conjuntos de dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ) porém, não apresentaram distribuição normal, logo, para verificar se havia diferença estatística pelas médias, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal- Wallis para as amostras. O pH dos frutos que permaneceram em temperatura ambiente e avaliados após 1, 2 e 4 dias de armazenamento não apresentaram normalidade dos dados, logo, para avaliar possíveis diferenças estatística entre os tratamentos, os resultados de cada período de armazenagem foram submetidos ao teste ANOVA e ao teste SNK a 5% de significância.

Foi determinado o teor de polifenóis totais a partir do método descrito por Singleton e Rossi (1965) adaptado por Nunes *et al.* (2006) o qual utiliza o reagente Folin Ciocalteu, realizando a triplicata de cada repetição e sua respectiva amostra, e uma curva de calibração com ácido gálico. Inicialmente pesou-se 1,0 g de material congelado previamente e coletado dos frutos selecionados para submissão as análises e estes foram dispostos em tubos de ensaio previamente envoltos por papel alumínio para manter o material no escuro, juntamente ao material fresco, foi adicionado 0,4 mL de álcool metílico 50% v/v. Os tubos de ensaio foram tampados com papel filme e mantidos em BOD a 30 °C por 24 horas. Posteriormente, o extrato



obtido foi separado em Eppendorf de 1,5 mL e adicionado 0,1 mL da solução de metanol, estes permaneceram no escuro à temperatura ambiente. Após isso, adicionou-se mais 0,4 mL da solução extratora aos tubos de ensaio, os quais foram tampados com plástico filme e dispostos em Câmara fria a 0 °C por 24 horas. Após esse período, o extrato foi disposto juntamente ao extrato anterior no Eppendorf e adicionou-se novamente 0,1 mL da solução de metanol. Ao final de todo o processo, foi obtido um total de 1,0 mL de solução extraída.

Para a reação com o reagente Folin-Ciocalteu, os frascos de Eppendorf foram dispostos em uma centrífuga e o volume foi homogeneizado a 1.200 rpm durante 10 min e em seguida, coletou-se 0,1 mL da solução padrão, obtida através do extrato, e foi disposto em tubo de ensaio coberto com papel alumínio, adicionando a ele 7,9 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu diluído previamente a uma concentração de 1:9. Houve um momento de espera de cinco minutos para a reação da solução. Logo em seguida, foi adicionado 1,5 mL da solução de carbonato de sódio (0,075 ml-1) e os tubos foram homogeneizados em vórtex por 10 minutos. Após a homogeneização, as amostras foram mantidas sob descanso onde permaneceram por 01 hora em BOD a 30 °C e posteriormente, sob descanso por mais uma hora em câmara fria a 0 °C para completar a reação, sempre protegidas da incidência de luz. As extrações foram realizadas em triplicada para cada amostra e ao total foram obtidas 72 amostras por período, dos quais havia oito períodos de avaliação.

Para realizar as leituras, coletou-se 4,0 mL de cada solução amostrada e transferida para cubetas de acrílico que foram dispostas em espectrofotômetro modelo UV 1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão) e realizada a leitura em absorbância de comprimento de onda de 760 nm. As leituras obtidas com os extratos foram interpoladas na curva padrão, e os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico L-1.

Para a quantificação de antocianinas totais, foi utilizado o método descrito por Lee e Francis (1972) e adaptado por Nunes *et al.* (2006), onde o processo foi realizado para todas as amostras de cada período de avaliação. Inicialmente foram coletadas 1,0 g de amostra de frutas congeladas previamente para cada tratamento e repetição, totalizando 72 amostras por período de avaliação, sendo que existem oito períodos ao total. Juntamente às amostras, foi adicionado 10 mL da solução extratora (50% etanol 95% + 50% ácido clorídrico 1,5 M) onde as amostras foram trituradas em cadinho com auxílio de um pistilo. Após a maceração, o conteúdo resultante foi transferido para tubo de ensaio previamente envolto por papel alumínio para proteção da

solução da exposição à luz, em seguida o cadinho foi lavado com mais 10 mL da solução extratora e o conteúdo foi adicionado aos tubos de ensaio (PESENTI *et al.*, 2021).

O conteúdo dos tubos de ensaio foi homogeneizado em vórtex por 10 min e permaneceram em descanso sob refrigeração a 4 °C no escuro durante um período de 20 horas. Após esse processo, foi adicionado ao extrato inicial mais 25 mL da solução extratora, o extrato foi homogeneizado em vórtex por 10 min e mantido em descanso sob temperatura ambiente por 2 horas. Em seguida, o conteúdo de cada tubo de ensaio foi transferido para o cadinho, onde foi coletado uma alíquota de 1,5 mL de extrato, a qual foi transferida para Eppendorf e homogeneizado em centrífuga a 1.200 rpm por 10 min, na sequência, o sobrenadante foi transferido para um Becker de 50 ml e adicionou-se 10 mL da solução extratora, o volume foi homogeneizado por cinco min em vórtex e a solução resultante foi transferida para cubetas de acrílico de 4,0 mL de volume para realização das leituras em espectrofotômetro modelo UV 1650 PC (Shimadzu, Kyoto, Japão), onde a absorvância de comprimento de onda foi definida como 535 nm. Seguindo a determinação do teor de antocianinas descrita por Nunes *et al.* (2006), o conteúdo de antocianinas totais foi calculado usando a fórmula 5.

Fórmula 5 - Determinação do conteúdo de pigmentos totais de antocianinas com resultado expresso em mg de antocianinas por 100 g de material vegetal.

$$AT = (FD * VA) / CA$$

Onde,

AT = Teor de antocianinas totais;

FD = Fator de diluição;

VA = Valor da absorvância;

CA = Coeficiente de absorvidade molar de antocianinas.

Para determinar o fator de diluição, tomou-se como base a quantidade de material vegetal obtido inicialmente (1,0 g) e o volume de diluição total (50 mL), onde cruzou-se estes valores com a alíquota do extrato final obtido (2,0 mL) e o volume de solução tomada para análise (12 mL), ao fim obteve-se 300 como fator de diluição. O valor da absorvância utilizado foi o de 535 nm de comprimento de onda, em literatura foi definido uma faixa de absorção variando de 490 a 550 nm para identificação e quantificação de antocianinas (TEIXEIRA,

STRINGHETA e OLIVEIRA, 2008; PESSENTI *et al.*, 2021). O coeficiente de absorvidade definido para frutos de morango utilizado foi o de 98,2 (TEIXEIRA, STRINGHETA e OLIVEIRA, 2008; FERREIRA, ROSSO e MERCADANTE 2010; FERREIRA, 2014). A extrações foram lidas em triplicata para cada amostra, de modo que foram obtidas 72 amostras para cada período de avaliação, sendo que havia oito períodos ao total.

Utilizou-se o método de capacidade antioxidante ABTS•+ pela metodologia apresentada por Re *et al.* (1999) adaptado por Lima e Gouveia (2018). Para determinar a capacidade antioxidante pela captura do radical livre ABTS•+ (2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) inicialmente houve o preparo das soluções estoque e extratora, que englobam o metanol 50% (v:v), onde em balão volumétrico foi adicionado 500 mL de álcool metílico e completado o volume para 1.000 mL de água destilada; ABTS•+ 7 Mm, que em balão volumétrico de 50 mL protegido da luz com papel alumínio, foi dissolvido 192 g do radical ABTS•+ em água destilada, a solução foi homogeneizada em vórtex por três min e transferida para um frasco de vidro âmbar durante no máximo 30 dias; solução de persulfato de potássio 140 Mm, em balão volumétrico de 10 mL dissolveu-se 378,4 mg de persulfato de potássio em água destilada até completar o volume, a solução foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro âmbar durante no máximo 30 dias. O preparo do radical ABTS consistiu na utilização de 5,0 mL da solução estoque ABTS•+ previamente preparada e 88 µL da solução de persulfato de potássio, que posteriormente foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro âmbar.

Com o preparo do radical ABTS•+, o mesmo teve de ser mantido sob descanso em temperatura ambiente por pelo menos 16 horas antes da utilização, após esse período, foi diluído 1,0 mL desta solução em álcool etílico PA e realizada a leitura da diluição em espectrofotômetro até obter-se uma absorbância de 0,7 nm ( $\pm 0,05$ ) a um comprimento de onda de 734 nm, para a calibração foi utilizado álcool etílico como branco e leitura no mesmo comprimento de onda. Os frutos foram retirados do congelamento apenas no momento do preparo das amostras, onde pesou-se 1,0 g de fruto que foi macerado em cadinho com auxílio de pistilo, na sequência, foi adicionado ao material 1,0 mL de metanol 50% e a solução foi transferida para Eppendorf e mantido no escuro sob temperatura ambiente por no mínimo 16 horas. Após esse período, o material foi homogeneizado em centrífuga a 1.200 rpm por 10 min. Foi coletado 30 µL da solução homogeneizada, transferida para tubo de ensaio protegido da luz com papel alumínio e adicionou-se a ela 3,0 mL da solução Radical ABTS•+, a solução permaneceu sob descanso por seis min e posteriormente, realizar as leituras em comprimento de onda de 734 nm. As amostras

foram realizadas e lidas em triplicata, os resultados foram expressos em  $\mu\text{Mol Trolox g}^{-1}$  matéria fresca (atividade antioxidante equivalente ao Trolox-TEAC).

A metodologia utilizada para avaliar a capacidade antioxidante pelo método DPPH• foi descrita por Brand-Willians *et al.* (1995) e adaptado por Rufino *et al.* (2007) e da Silveira *et al.* (2018). O primeiro procedimento constituía do preparo das soluções estoque de DPPH diariamente, sendo foi utilizado 0,024 g do reagente DPPH dissolvido em álcool etílico absoluto até o volume do balão volumétrico completar 1,0 L, a solução foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro âmbar. A solução de uso de DPPH foi preparada momentos antes da realização da análise, onde diluiu-se 10 mL da solução estoque em balão volumétrico completando o volume com álcool etílico absoluto para 100 mL e posteriormente homogeneizada em vórtex por cinco min e transferida para um frasco de vidro âmbar.

O extrato foi preparado da mesma forma que para a análise ABTS. Para determinar a atividade antioxidante total (AAT), foi coletado 150  $\mu\text{L}$  o extrato homogeneizado e transferido para tubo de ensaio devidamente protegido da luz com papel alumínio, em seguida, foi adicionado 5,850 mL da solução de uso DPPH preparada previamente no mesmo dia da análise, a mistura foi homogeneizada em vórtex por cinco min e permaneceu em descanso no escuro por 15 min e na sequência foi lida em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 515 nm. Foi utilizado álcool etílico como branco e as amostras foram preparadas e lidas em triplicata, os resultados foram expressos em  $\mu\text{Mol Trolox g}^{-1}$  matéria fresca (atividade antioxidante equivalente ao Trolox-TEAC).

#### 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

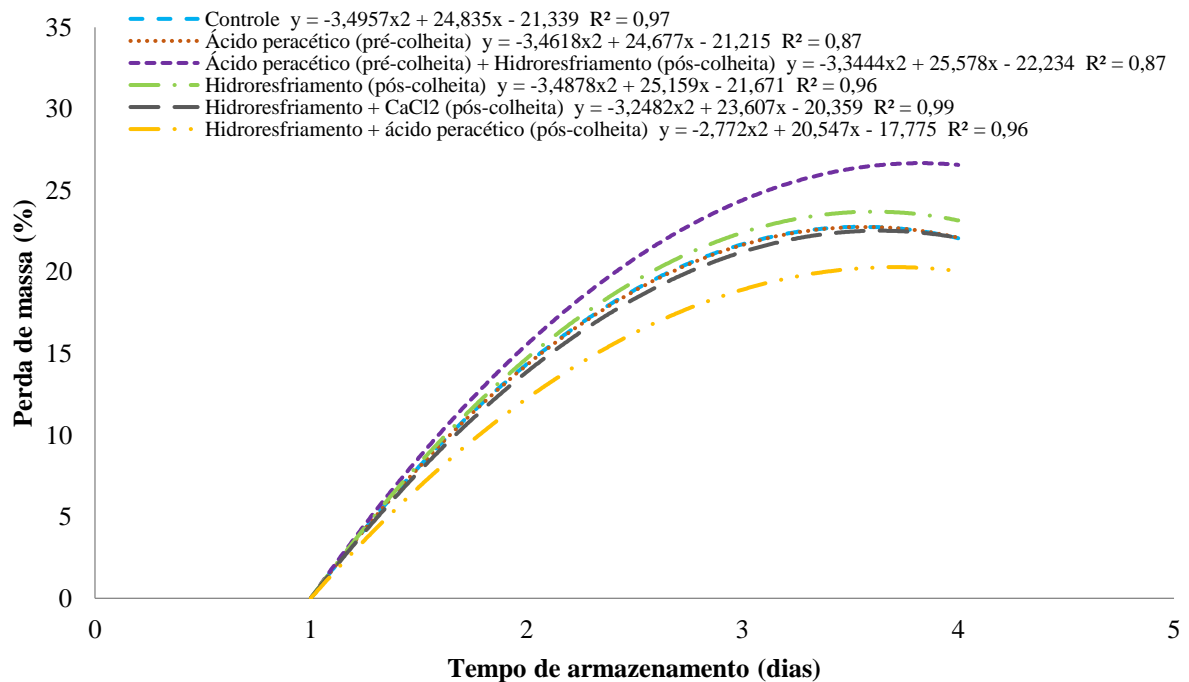
A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente aleatorizado (DIA), pois considerou-se que as unidades eram homogêneas, com quatro repetições de cada tratamento, onde o método foi validado pelas análises estatísticas realizadas no Software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). Os dados foram organizados para uma análise inicial e na sequência, submetidos à análise de regressão e teste F ( $p \leq 0,05$ ) e análise de variância (ANOVA) com comparação de médias através do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) quando houve normalidade entre os dados pelo teste Shapiro-Wilk, e através do teste Student-Newman-Keuls (SNK) ( $p \leq 0,05$ ) quando os dados apresentaram comportamento não normal.

## 5 RESULTADO E DISCUSSÃO

### 5.1 PERDA DE MASSA

Foram avaliados todos os tratamentos aplicados sobre os frutos que permaneceram em temperatura ambiente após quatro dias de armazenamento, sendo este o período máximo de armazenamento capaz de mantê-los em condições de consumo. Foram avaliados os frutos controle e os submetidos aos tratamentos ácido peracético (pré-colheita), ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita), hidrosfriamento (pós-colheita), hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita). A análise de regressão apresentou diferença estatística à 5% de significância entre os períodos de armazenamento para todos os tratamentos, demonstrando uma tendência de perda de massa ao longo do armazenamento em condição ambiente (Gráfico 1).

Gráfico 1: Perda de massa (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

A massa fresca dos morangos reduziu pois foi influenciada pela armazenagem em pós-colheita, devido a transpiração que causa uma perda de água em forma de vapor através dos tecidos dos frutos, reduzindo a qualidade e o potencial de venda dos frutos. Anami *et al.* (2022) observaram que o retardo do resfriamento induz uma maior a pressão de vapor entre o morango

e o ar, causando maior perda de água, logo, quando armazenados em condição de temperatura ambiente, os frutos apresentam uma perda de massa mais expressiva.

O atraso ou a ausência do resfriamento na pós-colheita é um fator que influencia no aumento da perda de massa fresca, pois induz a liberação de água por transpiração, com isso a umidade presente na superfície dos frutos é reduzida, o que exerce uma ação negativa sobre as características externas dos frutos (NUNES *et al.*, 1995; HOFFMANN *et al.*, 2021).

Ao comparar a perda de massa dos frutos de cada tratamento após dois e quatro dias de armazenamento em temperatura ambiente, não houve diferença significativa a 5% pelo teste SNK, demonstrando que os tratamentos não influenciaram a conservação da massa dos frutos. O tratamento de ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita) se diferiu do tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), com média de 20 e 26,56%, respectivamente, após quatro dias de armazenamento em temperatura ambiente (Tabela 3). As características visuais dos frutos que permaneceram sob temperatura ambiente por 1, 2 e 4 dias podem ser observadas na figura 6.

Tabela 3: Perda de massa (%) de morangos após 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)	
	2	4
<b>Controle</b>	14,34 Ba	22,07 Aab
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	14,29 Ba	22,10 Aab
<b>Ácido peracético (pré-colheita) + Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	15,54 Ba	26,56 Aa
<b>Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	14,69 Ba	23,16 Aab
<b>Hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita)</b>	13,86 Ba	22,10 Aab
<b>Hidrosfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	12,23 Ba	20,06 Ab
CV (%)	20,39	14,80
Média geral	14,15 B	22,70 A

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Figura 6: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



a= Controle; b= Ácido peracético (pré-colheita); c= Ácido peracético (pré-colheita) + Hidroresfriamento (pós-colheita); d= Hidroresfriamento (pós-colheita); e= Hidroresfriamento +  $\text{CaCl}_2$  (pós-colheita); f= Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita). 1 = 1 dia; 2 = 2 dias; 3 = 4 dias após o armazenamento.  
Fonte: O autor.

A perda máxima de massa para morangos durante a fase de pós-colheita que não interfere na qualidade dos frutos para consumo in natura varia de 6 a 10% (CHITARRA, CHITARRA, 2005; GARCIA, 2005). A taxa de transpiração pode ter se elevado mesmo após o resfriamento rápido, por conta da ação oxidante do ácido peracético, pois o agente sanitizante pode ter induzido danos na membrana dos patógeno e sobre a epiderme dos frutos e a associação deste sanitizante à temperatura<sup>e</sup> baixa do hidrosfriamento<sup>f</sup> pode ter intensificado o dano causado (MATHEW *et al.*, 2018). Guimarães, Lima e Finger (2018) observaram perda de massa acima de 60% em ramos de manjeriço submetidos ao hidrosfriamento após quatro dias de armazenamento em temperatura ambiente.

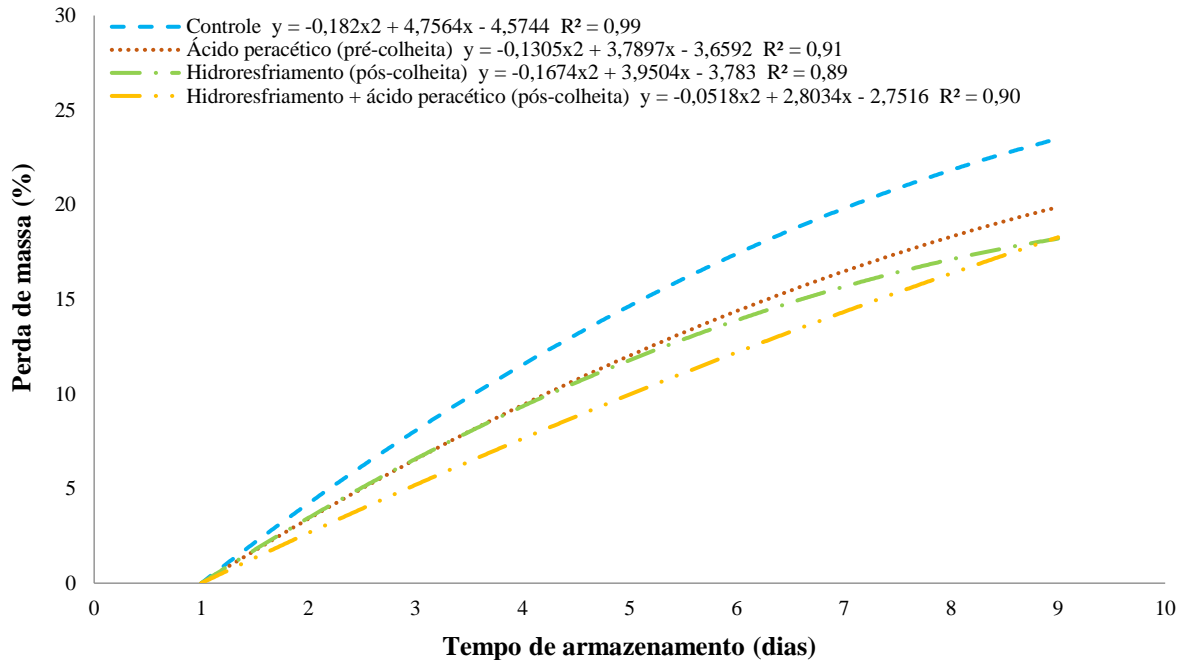
O tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou perda de turgidez a partir de dois dias e se intensificou aos quatro dias de armazenamento, e a superfície do fruto passou a apresentar uma camada epidérmica semelhante a um ressecamento. O ressecamento da epiderme pode ter influenciado na menor perda de água dos frutos que compunham esse tratamento, impedindo que a água permeia o tecido em direção ao meio com menor umidade (FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2010). É possível que o ácido peracético utilizado como agente sanitizante tenha afetado a membrana dos frutos pela rápida ação oxidante que possui, liberando oxigênio ativo que pode degradar a estrutura de proteínas e enzimas presentes na membrana plasmática (JOSÉ, 2009).

Os valores de perda de massa encontrados no presente trabalho foram superiores aos recomendados, porém, Nunes et al. (1995) relacionaram as maiores perdas de massa em morangos ‘Sweet Charlie’ com o atraso de seis horas no resfriamento dos frutos, que apresentaram perdas de aproximadamente 15% de massa fresca. Esse dado corrobora com os valores de perda de massa encontrados no presente estudo, demonstrando que o atraso ou ausência de resfriamento pode intensificar a perda de massa de morangos.

Em relação à perda de massa dos frutos que permaneceram viáveis por até nove dias em câmara fria mais dois em temperatura ambiente, foi possível comparar pela análise de regressão os resultados do controle e dos frutos tratados com ácido peracético (pré-colheita), hidrosfriamento (pós-colheita) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), que apresentaram diferença significativa ao nível de 5% ao longo dos períodos de armazenagem (Gráfico 2). Os frutos dos demais tratamentos não apresentavam viabilidade após nove dias de armazenamento resfriado + dois em temperatura ambiente.



Gráfico 2: Perda de massa (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Anami *et al.* (2022) observaram que o tipo de embalagem e a quantidade de frutos presentes nela podem influenciar na perda de massa fresca, pois à medida que se expõe a superfície dos frutos ao ambiente, há uma indução da transpiração, os autores utilizaram embalagens PET com filme de PVC contendo uma quantidade suficiente de frutos para preencher toda a embalagem, condição que pode ter favorecido a menor perda de massa fresca dos frutos. No estudo em questão, foram utilizadas embalagens PET com aberturas circulares na superfície e na base da embalagem, que continham uma média de 10 frutos ( $\pm 2$ ), permitindo assim uma maior interação dos frutos com o ambiente.

Condições de recirculação de ar e umidade relativa no interior da câmara fria também podem ter interferido na transpiração dos frutos. Mercier, Brecht e Uysal (2019) observaram que em câmaras frias podem ocorrer lesões por congelamento em morangos quando a recirculação de ar está comprometida ou intensa, podendo influenciar na perda de água.

Ao analisar a tabela 4, é possível identificar que houve diferença estatística pelo teste SNK a 5% entre os tratamentos avaliado após sete e nove dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, onde o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou menor perda de massa em ambos os períodos (14,33 e 18,28%) em relação ao controle (19,80 e 23,48%).

Tabela 4: Perda de massa (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a três variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)	
	7 + 2	9 + 2
<b>Controle</b>	19,80 Ba	23,48 Aa
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	16,47 Bab	19,88 Aab
<b>Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	15,66 Bab	18,21 Ab
<b>Hidrosfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	14,33 Bb	18,28 Ab
CV (%)	18,18	18,63
Média geral	16,60 B	19,96 A

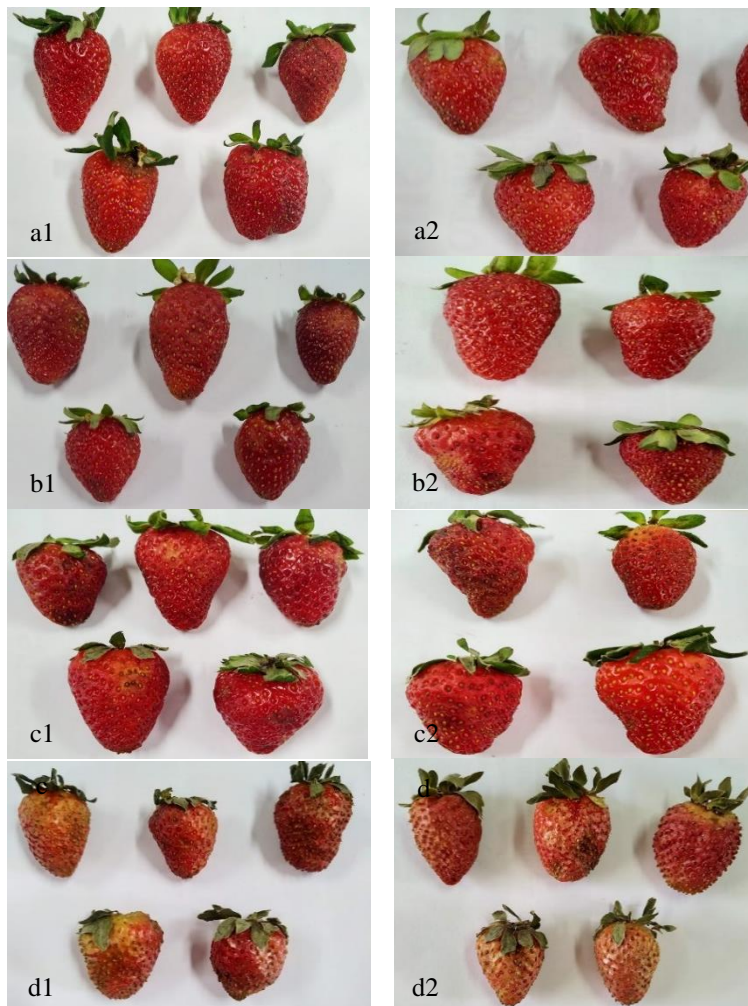
Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Assim como o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), o tratamento de hidrosfriamento (pós-colheita) apresentou menor perda de massa após nove dias de armazenamento (18,21%) em relação ao controle (23,48%). Guimarães, Lima e Finger (2018) observaram perdas de até 50% em ramos de manjerição submetidos ao hidrosfriamento com posterior armazenagem resfriada à 5 °C por quatro dias. Hoffmann, Ronzoni e da Silva (2021) identificaram que mesmo em condição de resfriamento, a temperatura interna de morangos mantinha um aumento contínuo devido a respiração celular, causando uma redução da massa fresca e a perda de água, que estão correlacionadas pelo estresse térmico e hídrico.

É possível observar pela figura 7 que os frutos do tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) também passaram a apresentar um certo ressecamento na epiderme, que pode ter reduzido a perda de massa fresca. Em morangos ‘Sweet Charlie’ tratados

com hidroresfriamento, Ferreira *et al.* (2006) observaram perdas de até 16% após sete dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente.

Figura 7: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



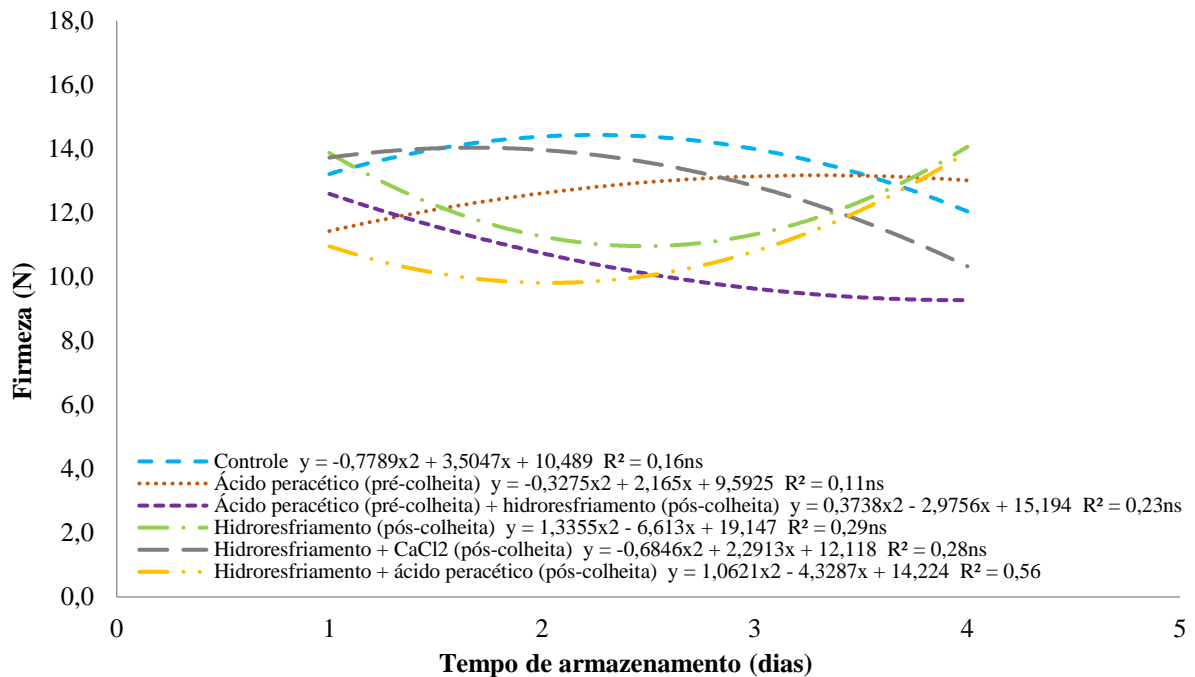
a= Controle; b= Ácido peracético (pré-colheita); c= Hidroresfriamento (pós-colheita); d= Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita). 1 = 7 + 2 dias em temperatura ambiente; 2 = 9 + 2 dias em temperatura ambiente. Fonte: O autor.

## 5.2 FIRMEZA

Ao avaliar o comportamento da firmeza dos frutos de cada tratamento aplicado ao longo do período de armazenamento, apenas para o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) houve diferença estatística a 5% de significância pela análise de

regressão e teste F de Snedecor da ANOVA (Gráfico 3). O tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético apresentou redução com posterior aumento de firmeza a partir de dois dias de armazenamento sob temperatura ambiente, com média de 11,55 N de firmeza.

Gráfico 3: Firmeza (N) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Os demais tratamentos e o controle não apresentaram diferença significativa pela análise de regressão e teste F ou pelo teste SNK a 5% em nenhum dos períodos avaliados, as médias do controle, tratamento de ácido peracético (pré-colheita), ácido peracético (pré-colheita) + hidroresfriamento (pós-colheita), hidroresfriamento (pós-colheita) e hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) foram 13,23, 12,36, 10,86, 13,05 e 12,66 N, respectivamente. Em literatura os valores para firmeza de morangos possuem uma ampla variabilidade, possivelmente devido ao método de mensuração, autores citam como adequado uma firmeza acima de 4,5 N, porém, outros definem que frutos com menos de 83 N são considerados pouco firmes (CONTI, MINAMI, TAVARES, 2002; FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2010; ANTUNES, 2013). Médias de firmeza semelhantes foram obtidas por da Silva Dantas, Rebouças e Amaral (2017) e Antunes *et al.* (2014), que observaram maior firmeza natural em morangos ‘San Andreas’. Essa característica natural de resistência de firmeza pode ter impedido os frutos de perderem firmeza de forma significativa.

Além dos aspectos visuais, a firmeza possui importância na qualidade pós-colheita pois expressa frescor e estruturação que determinam o período ótimo de armazenamento e comercialização (DOVING, MAGE, VESTRHEIM, 2005). A degradação celular e/ou patogênica causada pelo armazenamento prolongado possui relação com a temperatura interna do produto, logo, quando armazenados sem resfriamento contínuo, a firmeza tende a reduzir continuamente (LEONARDI E AZEVEDO, 2018). A redução na firmeza dos frutos tem relação com a rigidez dos tecidos que acaba sendo comprometida pela hidrólise das pectinas que a compõe, seguida por uma menor pressão de turgor causada pela maior permeabilidade da membrana que determina a firmeza do fruto (KIRMANI *et al.*, 2013). É possível observar pela figura 8 a diferença no aspecto visual dos frutos submetidos ao tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) entre os períodos de armazenamento, de modo que houve um ressecamento da epiderme dos frutos a medida que o fruto permanecia no armazenamento, comportamento que pode ter favorecido o aumento na firmeza dos frutos.

Figura 8: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos ao tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita)



a= frutos após a aplicação do tratamento; b= após 2 dias de armazenamento; c= após 4 dias de armazenamento.  
Fonte: O autor.

Ribeiro (2020) também observou que morangos não hidroresfriados em temperatura ambiente apresentavam leve aumento de firmeza com posterior redução ao longo do armazenamento em temperatura ambiente, em contrapartida, frutos hidroresfriados apresentavam um comportamento contrário, com redução e posterior aumento na firmeza.

Assim como observamos no gráfico, o fruto no primeiro dia de avaliação possui menor firmeza com um aspecto de maior sensibilidade, porém, ao longo do armazenamento, o fruto perdeu turgidez e apresentou rigidez e ressecamento da epiderme. A firmeza possui relação direta com a capacidade de turgor das células, pois o turgor que caracteriza o conteúdo celular

de água afeta diretamente os mecanismos de resistência dos tecidos, logo, menor turgor leva à menor resistência mecânica do produto (CORDENUNSI *et al.*, 2002).

Os frutos dos tratamentos de ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita) e hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) foram avaliados até os sete dias + dois de armazenamento sem diferença significativa a 5% pelo teste SNK, com média de 15,15 N. Não houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados até os nove dias + dois, as médias do controle, tratamento ácido peracético (pré-colheita), hidrosfriamento (pós-colheita) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) foram 14,69, 14,28, 14,53 e 13,79 N, respectivamente. As características visuais dos períodos de armazenagem do tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) pode ser identificada pela figura 9.

Figura 9: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ submetidos ao tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) após 7 e 9 dias de armazenagem em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20°C)



a= frutos após a aplicação do tratamento; b= após 7 + 2 dias em temperatura ambiente; c= após 9 + 2 dias em temperatura ambiente. Fonte: O autor.

Ferreira *et al.* (2006) não observou variação na firmeza após submeter morangos ‘Sweet Charlie’ ao hidrosfriamento e armazená-los sob refrigeração. Os métodos de resfriamento pós-colheita são amplamente empregados nos produtos hortícolas por reduzir as atividades metabólicas e prolongar o período de armazenagem. No Brasil, a conservação de morangos se baseia no armazenamento refrigerado a 0 °C com alta umidade relativa (95%) por no máximo sete dias, condições distintas a essa, favorecem a degradação do fruto e interferem em sua qualidade organoléptica (FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2010).

Soares (2021) identificou que frutos hidrosfriados apresentaram vida útil de 6 a 9 dias quando armazenados sob resfriamento a 8 °C. Assim como no presente estudo, Ribeiro (2020) também não encontrou diferenças em relação a firmeza de morangos armazenados sob

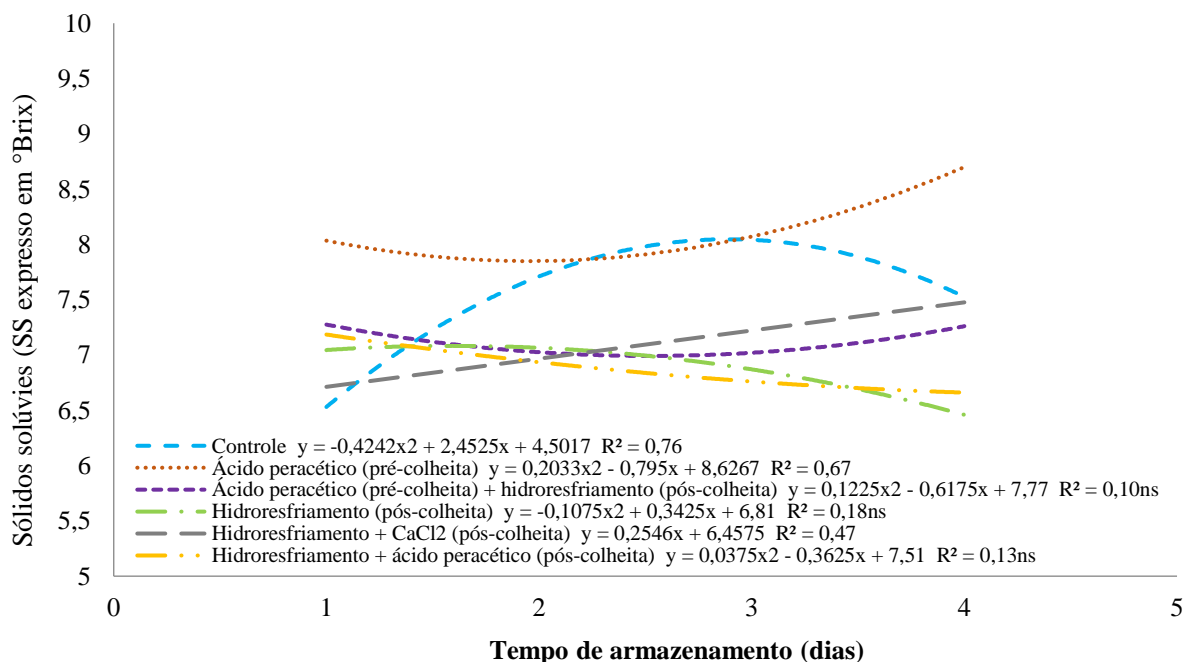
refrigeração, hipotetizando que o ponto de maturação utilizado, determinado visualmente com pelo menos 75% do fruto com coloração vermelha, pode ter interferido nos resultados obtidos.

Nunes (2006) observou que morangos ‘Chandler’, ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’ com 50% da epiderme pigmentada apresentavam firmeza superior que os frutos com 75% da epiderme vermelha, onde estes apresentavam firmeza semelhante que os frutos completamente pigmentados, com uma média de 10 N, além disso, observou redução na firmeza após o armazenamento refrigerado. A redução na firmeza de morangos ocorre naturalmente durante a maturação, apesar disso, frutos com 75% da epiderme vermelha podem não apresentar redução significativa na firmeza da polpa a medida que permanece sob armazenamento.

### 5.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS

O comportamento dos sólidos solúveis (SS) em temperatura ambiente durante 1, 2 e 4 dias, apresentou diferença estatística pela análise de regressão e teste F para o controle e os tratamentos de ácido peracético (pré-colheita) e hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita), com médias de 7,25, 8,19 e 7,05 °Bx, respectivamente (Gráfico 4).

Gráfico 4: Sólidos solúveis (SS expresso em °Brix) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Carvalho (2013) encontrou 7,68 °Bx para a cultivar San Andreas, enquanto Antunes (2013) observou média de 5,91 °Bx. Os frutos controle tiveram um aumento no conteúdo de sólidos solúveis, com maior média encontrada após dois dias (7,71) com posterior queda sem diferença em relação ao conteúdo após quatro dias (7,52). O tratamento ácido peracético (pré-colheita) apresentou as maiores médias entre os demais tratamentos, com leve redução após dois dias e aumento após quatro dias, onde alcançou a maior média do tratamento (8,70).

O tratamento de hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita), apresentou a maior média do tratamento após quatro dias (7,47), apresentando um comportamento de aumento contínuo ao longo do período de armazenagem, diferente do observado para os demais (Tabela 5). Contribuindo com esse resultado, foi identificada diferença estatística pela ANOVA e teste Tukey a 5% entre os tratamentos, ao avaliar o comportamento das médias dos tratamentos dentro de cada período, foi identificado que o tratamento ácido peracético (pré-colheita) diferiu-se do controle após 1 dia de armazenagem, e após quatro dias de armazenagem diferiu-se de todos os tratamentos com a maior média encontrada, após dois dias de armazenagem, não houve diferença entre nenhum dos tratamentos avaliados.

Tabela 5: Sólidos solúveis (SS expresso em °Brix) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenagem em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenagem (dias)			Média geral
	1	2	4	
<b>Controle</b>	6,53 Bb	7,71 Aa	7,52 Ab	7,25 b
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	8,03 ABa	7,85 Ba	8,70 Aa	8,19 a
<b>Ácido peracético (pré-colheita) +</b>				
<b>Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	7,27 Aab	7,02 Aa	7,26 Abc	7,18 b
<b>Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	7,04 Aab	7,06 Aa	6,46 Ac	6,85 b
<b>Hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita)</b>	6,71 Bb	6,97 Ba	7,47 Abc	7,05 b
<b>Hidrosfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	7,10 Aab	6,93 Aa	6,66 Abc	6,92 b
CV (%)	7,62	5,77	7,02	
Média geral	7,13 A	7,26 A	7,35 A	

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.



Assim como observado por da Graça *et al.* (2021) tomates não tratados e submetidos a  $\text{CaCl}_2$  apresentaram aumento no teor de sólidos solúveis, com um aumento mais expressivo nos frutos controle, assim como observado neste estudo, esse comportamento foi observado em outros estudos por conta da ação dos ácidos orgânicos que elevam os sólidos solúveis pelos processos naturais de biossíntese principalmente quando em condições de temperatura elevada.

As médias de SS obtidas condizem com o encontrado em literatura para a cultivar San Andreas, que varia de 6,5 a 8,1 °Bx (DE CARVALHO *et al.*, 2012; CARVALHO, 2013; ANTUNES, 2013; DE OLIVEIRA FRANCO, ULIANA, LIMA, 2017). Cordenussi *et al.* (2005) encontraram valores inferiores de sólidos solúveis em frutos ‘Campineiro’ e ‘Oso Grande’, com um período máximo de armazenamento de três dias em temperatura ambiente. Na pesquisa em questão, frutos em temperatura ambiente puderam ser armazenados por até quatro dias com condições de comercialização, com valores de sólidos solúveis superiores para frutos tratados com o produto ácido peracético, a base de ácido peracético.

A redução da firmeza durante o amadurecimento do morango pode estar relacionada com a degradação de materiais poliméricos em solúveis, que contribuem com o aumento da doçura do fruto (DOVING, MAGE, VESTRHEIM, 2005). Seria interessante realizar uma análise sensorial em pesquisas futuras para avaliar se as diferenças nas características observadas entre os tratamentos influenciam a aceitação do produto pelo consumidor.

O tratamento de ácido peracético (pré-colheita) apresentou a maior média entre os demais tratamentos (8,70), diferindo-se do controle (7,52) após quatro dias de armazenamento, demonstrando uma influência sobre os açúcares totais, pois o ácido peracético influencia a permeabilidade e degradação de membranas podendo causar um maior acúmulo de sólidos solúveis nos frutos. O tratamento de hidrosfriamento (pós-colheita) apresentou a menor média (6,46 °Bx) com diferença entre os demais tratamentos. Ribeiro (2020) observou uma redução nos sólidos solúveis de morangos hidrosfriados com posterior armazenamento em temperatura ambiente, encontrando uma média de 6,5 °Bx após três dias de armazenamento, valores semelhantes aos encontrados nesta pesquisa, além disso, também observou que frutos não hidrosfriados apresentaram aumento nos sólidos solúveis totais, com 7,2 °Bx de média.

Foi observado por da Graça *et al.* (2021), uma variação nos sólidos solúveis ao longo do armazenamento, com uma tendência de aumento da concentração de açúcares em tomates que foi relacionada com o grau de maturação e processos bioquímicos que ocorrem na pós-

colheita, nesta pesquisa a variação dos sólidos solúveis pode ter ocorrido por conta do grau de maturação individual de cada fruto. Isso ocorre pois o acúmulo de açúcares é induzido pelos tratamentos culturais administrados e pelo ponto de colheita definido, devido ao amaciamento dos tecidos que é induzido pela expansão e degradação de materiais poliméricos em materiais solúveis durante a maturação (DOVING, MAGE, VESTRHEIM, 2005).

Após sete e nove dias em câmara fria + dois em temperatura ambiente, não houve diferença significativa pelo teste Tukey a 5% em ambos os períodos, a média geral de conteúdo de sólidos solúveis foi de 6,51 e 6,50 °Bx, respectivamente. Nenhuma alteração nos sólidos solúveis totais foi encontrada por Cunha Junior *et al.* (2012), que avaliaram o armazenamento de morangos em condições de variação de concentração de CO<sub>2</sub>, demonstrando que essa característica pode não ser influenciada pela condição de armazenagem quando submetido ao resfriamento, encontrando uma média de 7,2 °Bx. Jacomino *et al.* (2011) também não observaram diferença estatística em morangos 'Festival' submetidos ao hidrosfriamento com posterior armazenamento resfriado associado com o armazenamento em temperatura ambiente.

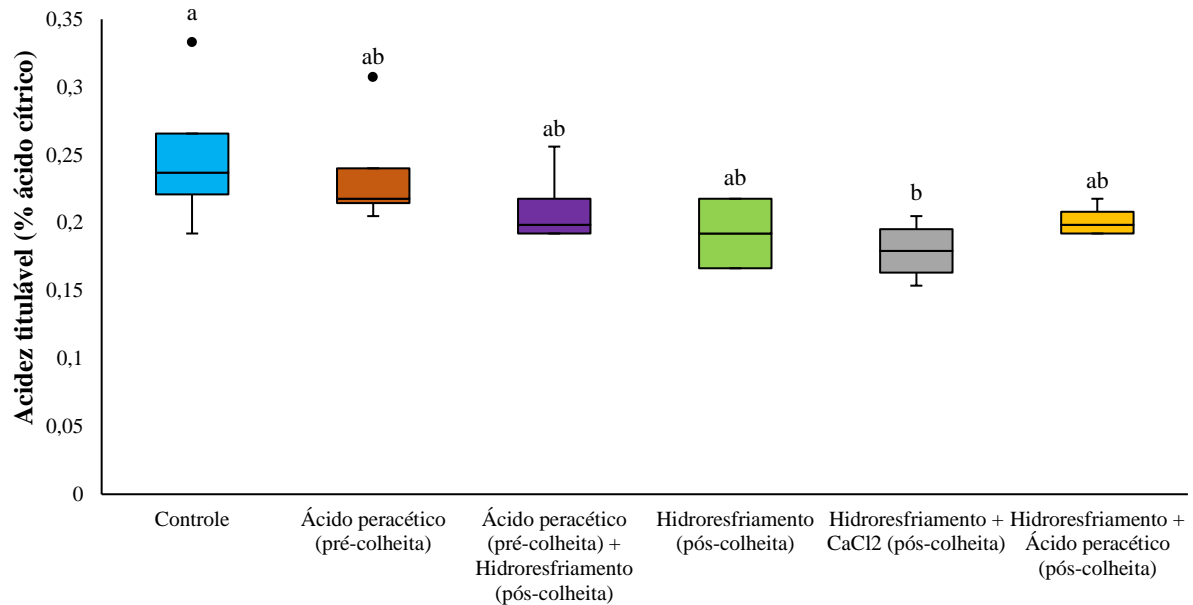
#### 5.4 ÁCIDO CÍTRICO (%)

Ao avaliar as médias dos tratamentos e compará-los dentro de cada período de avaliação, houve diferença significativa pelo teste SNK a 5% entre os tratamentos após um e dois dias de armazenamento sob temperatura ambiente.

Após um dia de armazenagem, a média geral de acidez titulável foi de 0,16% de ácido cítrico e os frutos do tratamento ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita) apresentaram os maiores valores de ácido cítrico (0,22%) em relação aos demais tratamentos e o controle, que não se diferiram entre si.

Após dois dias de armazenamento, o tratamento controle apresentou a maior média de ácido cítrico (0,25%), diferindo-se estatisticamente apenas do tratamento de hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (0,18%), que apresentou a menor médias entre os demais tratamentos avaliados (Gráfico 5).

Gráfico 5: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ após 2 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



**Após 2 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C)**

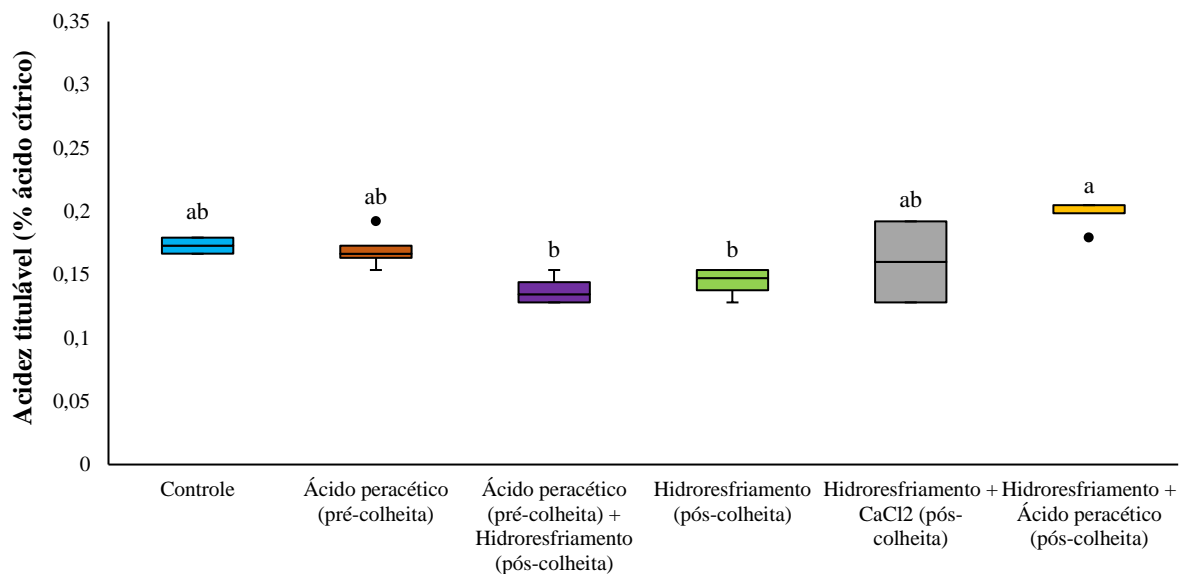
Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Ribeiro (2020) observou resultados semelhantes em relação ao comportamento da acidez de morangos em temperatura ambiente, onde houve um leve aumento de acidez no início do armazenamento, com posterior redução. Os valores observados nesta pesquisa condizem com o encontrado por outros autores para a cultivar ‘San Andreas’ (ANTUNES, 2013; ANAMI, 2022). Mangabas submetidas ao tratamento com hidroresfriamento apresentam maior acidez que as não tratadas logo após a aplicação, demonstrando que a técnica é eficiente no âmbito de preservar a degradação dos ácidos orgânicos com destaque para quando há um armazenamento prolongado (SOARES, 2021).

Ao contrário do observado nesta pesquisa, tomates submetidos a imersão em CaCl<sub>2</sub> apresentaram valores de acidez mais elevados que os encontrados em frutos não tratados (DA GRAÇA *et al.*, 2021). Levando isso em consideração, é possível que a técnica de hidroresfriamento tenha influenciado na manutenção da acidez dos frutos, evitando um aumento expressivo ao longo do armazenamento em relação a outras técnicas, assim como impediu o aumento expressivo dos sólidos solúveis dos frutos deste tratamento.

Em relação aos frutos que permaneceram em câmara fria por sete + dois em temperatura ambiente, houve diferença estatística pelo teste SKN a 5% de significância entre os tratamentos de ácido peracético (pré-colheita) + hidroresfriamento e hidroresfriamento (pós-colheita) com o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita), que apresentaram a maior média de acidez (0,2%) (Gráfico 6).

Gráfico 6: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a cinco variações de tratamentos

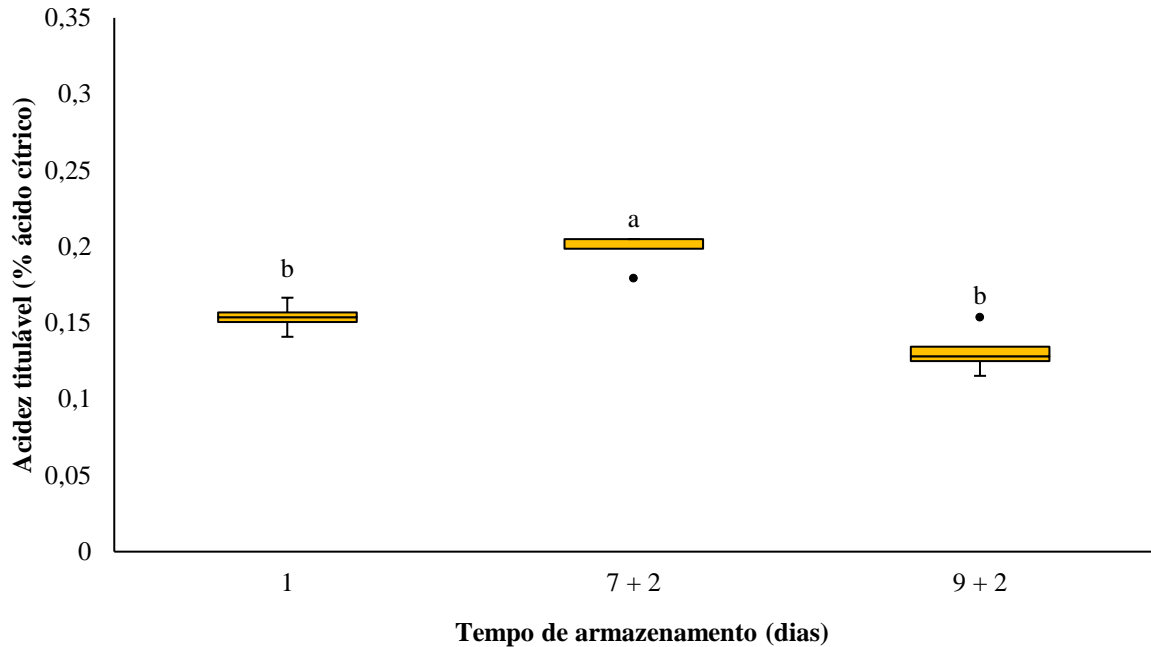


**Após 7 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) + 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )**

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

O período de armazenamento afetou de forma significativa apenas os frutos tratados com hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita), pois houve um aumento significativo na concentração de ácido cítrico nos frutos deste tratamento entre os períodos analisados, apresentando 0,15% após um dia, 0,20% e 0,13% após sete e nove dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, respectivamente (Gráfico 7).

Gráfico 7: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ tratados com hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita) após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )



Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

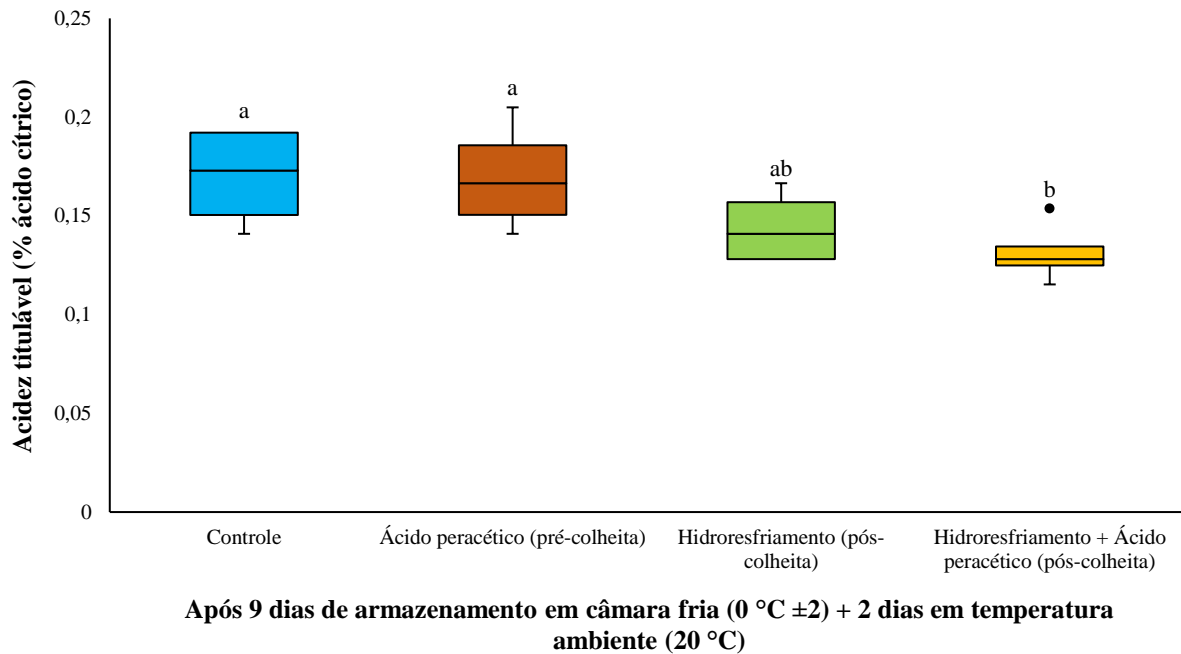
Ao contrário do que foi observado nos frutos mantidos em temperatura ambiente, frutos com o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentaram maiores valores de acidez, demonstrando uma relação inversa quando o armazenamento ocorre em condição de resfriamento. Apesar disso, este comportamento pode ocorrer pela presença do ácido peracético, isso pois o tratamento de hidroresfriamento (pós-colheita) isolado, apresentou níveis de acidez baixos aos sete e nove dias de armazenamento resfriado.

Chepngeno *et al.* (2016) observaram redução de acidez em tomates hidroresfriados em refrigeração, apresentando 0,35% de ácido cítrico após sete dias de armazenamento, os frutos tratados com cloreto de cálcio apresentaram 0,40% de ácido cítrico, e morangos submetidos aos mesmos tratamentos seguiram o mesmo comportamento. Outros valores de acidez equivalente em ácido cítrico foram encontrados por da Silva Dantas *et al.* (2017) com 1,10% de ácido cítrico em morangos ‘San Andreas’ após armazenamento refrigerado.

Após nove dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, os frutos controle apresentaram os maiores valores de acidez (0,17%), sem diferença em relação

aos frutos que receberam o tratamento com ácido peracético (pré-colheita) (0,17%) (Gráfico 8), assim como ocorreu após sete dias de armazenamento refrigerado.

Gráfico 8: Porcentagem de ácido cítrico de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

O tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou o menor teor de ácido cítrico (0,13%), e se diferiu do controle e do tratamento de ácido peracético (pré-colheita). Anami (2022) não observou diferença entre a aplicação do hidroresfriamento sobre a acidez titulável. Jacomino *et al.* (2011) também não encontraram variação na acidez titulável de morangos ‘Festival’ submetidos ao hidroresfriamento e resfriamento por ar forçado, porém, observaram redução de acidez ao longo do armazenamento. Isso ocorre devido a senescência dos frutos e degradação de compostos químicos durante a pós-colheita, onde o comportamento natural que ocorre é o aumento do conteúdo de açúcares e redução de acidez, comportamento que foi observado nesse trabalho ao avaliar os indicadores de maneira individual.

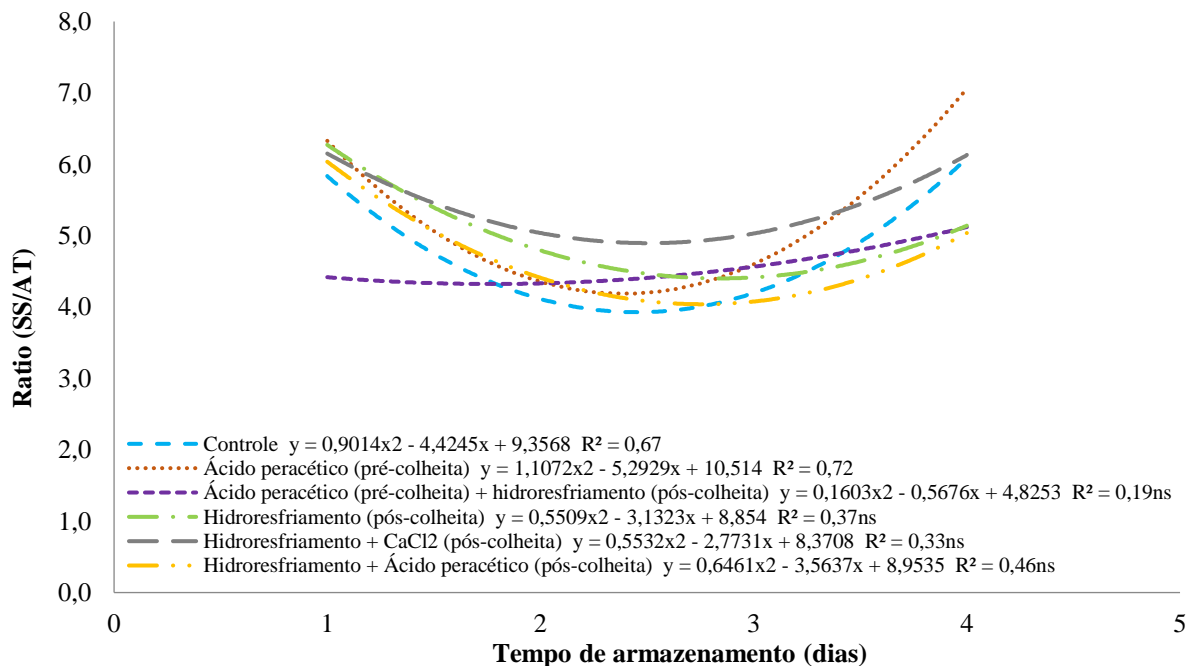
Nunes *et al.* (2006) correlacionaram a variação de acidez titulável com o nível de maturação dos frutos em campo e após o armazenamento e observaram que frutos de mesmo estágio de maturação apresentaram aumento na concentração de ácido cítrico quando mantidos

sob refrigeração por até oito dias, com exceção dos colhidos em plena maturação que não apresentavam variação. Isso demonstra que apesar da característica não climatérica, ocorrem variações químicas em pós-colheita devido ao processo de senescência, onde ocorre a degradação dos tecidos pela ação do etileno, que podem ser minimizados quando há adoção de técnicas de extensão de vida útil, pois apesar da taxa respiratória de frutos não-climatéricos reduzir após a colheita, a síntese e ação de etileno é contínua, apesar de baixas, e isso acaba afetando a integridade dos tecidos. (GONÇALVES, *et al.*, 2012; AYUB *et al.*, 2018).

## 5.5 RATIO

Houve diferença estatística pela análise de regressão e teste F a 5% em relação ao comportamento dos frutos do grupo controle e do tratamento ácido peracético (pré-colheita) entre os períodos de armazenamento e ambos apresentaram um comportamento de redução aos dois dias com posterior aumento da Ratio até os quatro dias de armazenamento (Gráfico 9).

Gráfico 9: Ratio (SS/AT) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

As médias de ratio encontradas nesta pesquisa são ligeiramente inferiores aos descritos em literatura, que variam de 7,8 a 9,5, isso devido aos valores de acidez encontrados também

serem inferiores aos descritos em literatura (CHITARRA, CHITARRA, 2006; FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2012). Os valores observados por Antunes (2013) variam de 3,5 a 6,5, que se assemelham aos valores observados nesta pesquisa para a cultivar.

Houve diferença entre as médias alcançadas após dois dias, sendo estas as menores em relação aos demais períodos que não se diferiram entre si, assim como ocorreu com os valores observados de sólidos solúveis. Ao comparar pelo teste Tukey a 5%, nenhum dos tratamentos que apresentaram diferença estatística diferiram do tratamento controle (Tabela 6).

Tabela 6: Ratio (SS/AT) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)			Média geral
	1	2	4	
<b>Controle</b>	5,85 Aab	4,10 Ba	6,07 Aab	5,34 ab
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	6,30 Aa	4,37 Ba	7,02 Aa	5,90 a
<b>Ácido peracético (pré-colheita) + Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	4,42 Ab	4,35 Aa	5,12 Ab	4,63 b
<b>Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	6,30 Aa	4,77 Ba	5,15 ABb	5,40 ab
<b>Hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita)</b>	6,15 Aab	5,05 Aa	6,15 Aab	5,78 a
<b>Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	6,05 Aab	4,40 Ba	5,02 ABb	5,15 ab
CV (%)	13,42	15,80	16,80	
Média geral	5,84 A	4,50 B	5,75 A	

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Isso demonstra que os tratamentos não influenciam o equilíbrio entre açúcares e acidez, índice que confere o equilíbrio de sabor característico ao fruto, características que são influenciadas pelas condições edafoclimáticas, sendo estes os parâmetros utilizados para mensurar a característica de sabor verdadeiro do fruto. Assim como observado por Lima (2015) características de qualidade como sólidos solúveis e acidez não são influenciados por diferenças entre o sistema orgânico e convencional, que está relacionado com o manejo, podendo este ser considerado um fator pouco decisivo na qualidade química final dos morangos.



O ratio dos frutos armazenados por sete dias sob refrigeração + dois em temperatura ambiente não apresentou diferença estatística em relação ao controle (4,87), houve diferença entre o tratamento de ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita), e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), com 5,90 e 4,10, respectivamente. Diferente dos frutos em temperatura ambiente, aqueles mantidos em câmara fria foram influenciados pelo tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), apresentando variação significativa do ratio ao longo do armazenamento, assim como influenciou os indicadores de maneira individual. Os frutos armazenados por nove dias em refrigeração + dois em temperatura ambiente não apresentaram diferença estatística, onde apenas o tratamento de hidrosfriamento (pós-colheita) (5,80) se diferiu do controle, apresentando valores superiores após sete dias de refrigeração (Tabela 7).

Tabela 7: Ratio (SS/AT) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)			Média geral
	1	7 + 2	9 + 2	
<b>Controle</b>	5,85 Aa	4,87 Aab	4,82 Aa	5,18 a
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	6,30 Aa	5,40 Aab	5,27 Aa	5,65 a
<b>Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	6,30 Aa	5,80 Aa	5,25 Aa	5,78 a
<b>Hidrosfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	6,05 Aa	4,10 Bb	5,95 Aa	5,35 a
CV (%)	11,13	10,15	15,76	
Média geral	6,12 A	5,04 B	5,31 B	

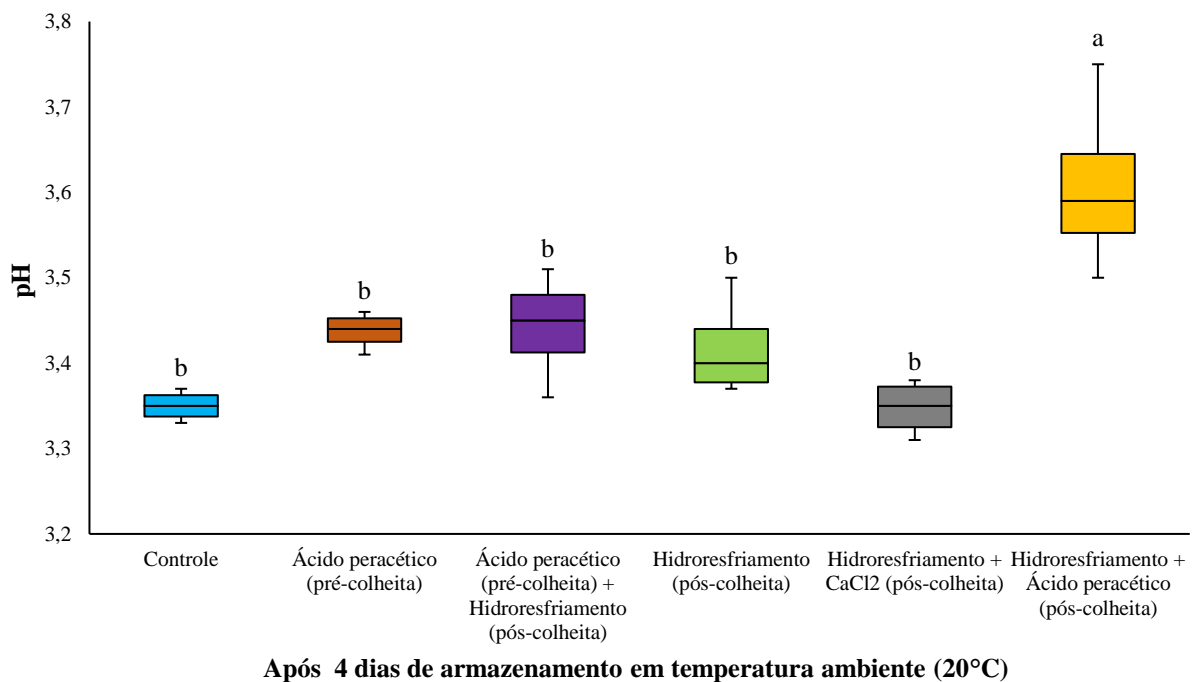
Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Houve uma redução de acidez dos frutos no armazenamento refrigerado, esse comportamento afeta diretamente o sabor dos frutos e apesar do hidrosfriamento não ser capaz de alterar a composição químicas do fruto, ele pode ter afetado o equilíbrio entre açúcares e acidez. Quando há uma influência maior de um dos fatores que compõem o Ratio, esta relação pode se opor ao equilíbrio desejado no sabor do morango, pois a tendência comum é o aumento desta relação SS/AT pelo aumento dos sólidos solúveis à medida que prolonga o armazenamento (DA SILVA *et al.*, 2017; ANAMI, 2022).

## 5.6 POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (PH)

Houve diferença estatística a 5% entre os tratamentos após dois e quatro dias de armazenagem, com as maiores médias após quatro dias para o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) (3,60), diferindo-se estatisticamente dos demais (Gráfico 10).

Gráfico 10: pH de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Os valores de pH para morangos variam de 3,20 a 3,70, sendo ácido quando maduros, os frutos avaliados nesta pesquisa apresentaram valores que se enquadram nesta faixa (FLORES CANTILLANO, DA SILVA, 2010; CARVALHO, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2014; GUNDUZ, OZBAY, 2018).

Apesar de nenhum tratamento se diferir do controle, frutos tratados com hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentaram a maior média de pH após dois dias de armazenagem em temperatura ambiente (3,56), diferindo-se apenas do tratamento de hidrosfriamento (pós-colheita) (3,38) e hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) (3,36) que apresentaram os menores valores (tabela 8). Em relação às médias gerais, houve um aumento do pH dos frutos à medida que o armazenagem se estendia.

Tabela 8: pH de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)			Média geral
	1	2	4	
<b>Controle</b>	3,31 Ba	3,53 Aab	3,35 Bb	3,39 bc
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	3,42 Aa	3,48 Aab	3,43 Ab	3,44 ab
<b>Ácido peracético (pré-colheita) + Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	3,41 Aa	3,54 Aab	3,44 Ab	3,46 ab
<b>Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	3,45 Aa	3,38 Ab	3,41 Ab	3,41 bc
<b>Hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita)</b>	3,35 Aa	3,36 Ab	3,34 Ab	3,35 c
<b>Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós- colheita)</b>	3,35 Ba	3,56 Aa	3,60 Aa	3,50 a
CV (%)	15,40	16,81	27,00	
Média geral	3,38 B	3,46 A	3,47 A	

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

A qualidade da fertirrigação e a condutividade elétrica podem influenciar nos valores de pH de cada tratamento, como é o caso do ácido peracético e o cloreto de cálcio, que possuem sua ação afetada quando o pH do meio se aproxima a 7,0, pois essa condição promove a manutenção da parede celular por formar pontes com moléculas de pectina na lamela média (CHEPNGENO, 2015). À medida que o pH do meio se eleva, as vias de decomposição do ácido peracético reduzem necessitando da presença de íons metálicos para que ocorra efetivamente (YUAN, NI, VAN HEININGEN, 1997). Por outro lado, Vandekinderen *et al*, (2009) relatam que o uso do ácido peracético é altamente vantajoso pela ausência ou baixa formação de compostos tóxicos, além de não ser influenciado pela presença de material orgânico e variação de pH ou temperatura. Apesar de não avaliar questões como sistema de fertirrigação, Lima (2015) não encontrou variação de pH em morangos cultivados em sistema orgânico e convencional, demonstrando que o pH não é influenciado pelos sistemas de condução.

O pH possui relação inversa aos de acidez, logo, a característica de redução na acidez influencia o pH, que aumenta à medida que o armazenamento se prolonga (CARVALHO,

2013). Ribeiro (2020) também observou esse comportamento de elevação no pH com o avançar do armazenamento, sem diferenças entre frutos tratados ou não com o hidrosfriamento.

Os valores de pH observados se enquadram nos valores observados por de Carvalho (2013), com pH de 3,19 no início das avaliações, 3,49 após quatro dias e 3,00 após oito dias. Ao comparar os frutos após armazenamento refrigerado por sete dias + dois em temperatura ambiente, apenas o tratamento com hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou valores de pH estatisticamente superiores aos demais tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9: pH de morangos ‘San Andreas’ após 1 e 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)		Média geral
	1	7 + 2	
<b>Controle</b>	3,31 a	3,13 b	3,22 c
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	3,42 a	3,17 b	3,30 bc
<b>Ácido peracético (pré-colheita) + Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	3,41 a	3,19 b	3,30 bc
<b>Hidrosfriamento (pós-colheita)</b>	3,45 a	3,28 b	3,36 ab
<b>Hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita)</b>	3,35 a	3,15 b	3,25 bc
<b>Hidrosfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	3,35 a	3,53 a	3,44 a
CV (%)	1,59	3,48	
Média geral	3,38	3,24	

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Assim como observado nesta pesquisa, Van de Velde *et al.* (2016) observaram em morangos ‘Camarosa’ liofilizados que os valores de pH não diferiram entre frutos tratados com ácido peracético e frutos não tratados, havendo diferença apenas quando as doses eram superiores a 100 ml L<sup>-1</sup>. Ribeiro (2020) não observou diferença em morangos ‘San Andreas’ armazenados sob refrigeração, apenas apresentou uma redução gradual no pH com o avançar do armazenamento em frutos submetidos ao hidrosfriamento.

O tratamento que apresentou diferença estatística, sendo superior aos demais após sete + dois, foi o hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), e após nove dias + dois, o

tratamento supracitado se mostrou superior apenas ao tratamento ácido peracético (pré-colheita) (Tabela 10). Isso demonstra que a técnica de hidroresfriamento associado ao ácido peracético pode ser capaz de induzir o aumento do pH, e seus usos de maneira isolada modificam esse comportamento, apresentando redução no pH dos frutos à medida que o armazenamento refrigerado se prolonga. O comportamento do pH dos frutos mantidos em refrigeração reflete o que ocorreu com a acidez, que apresentou um comportamento inverso, onde houve a elevação na acidez com posterior redução, neste caso, o pH apresentou redução contínua durante o armazenamento (CHITARRA, CHITARRA, 2005).

Tabela 10: pH de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)			Média geral
	1	7 + 2	9 + 2	
<b>Controle</b>	3,31 Ac	3,13 Ab	3,18 Aab	3,20 c
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	3,42 Aab	3,17 Bb	3,16 Bb	3,25 bc
<b>Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	3,45 Aa	3,28 Aab	3,24 Aab	3,33 ab
<b>Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	3,35 Abc	3,53 Aa	3,42 Aa	3,43 a
CV (%)	1,22	3,91	3,76	
Média geral	3,38 A	3,27 B	3,26 B	

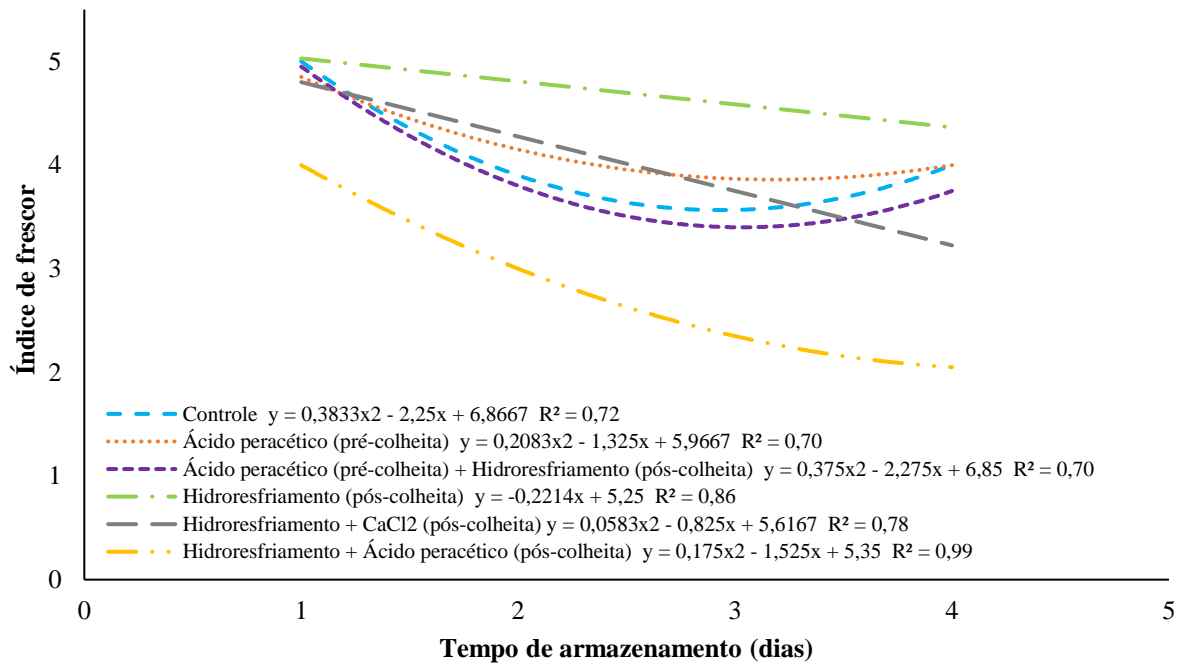
Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor, 2022.

Redução no pH foi observado em mangabas tratadas com hidroresfriamento, onde houve um aumento até os seis dias de armazenamento com posterior redução aos nove dias em câmara fria (SILVA, 2021; SOARES, 2021). Morangos ‘Festival’ hidroresfriados e armazenados sob refrigeração também demonstraram comportamento de redução nos valores de pH, variando entre 3,67 e 3,65 entre os períodos de zero e sete dias de armazenamento (JACOMINO *et al.*, 2011). Ferreira *et al.* (2006) observaram maiores valores de pH em frutos que foram submetidos ao tratamento de hidroresfriamento, com valores que variaram de 3,52 a 3,70 após 7 dias de armazenamento refrigerado e posterior armazenagem por 24 horas a  $20^{\circ}\text{C}$ .

## 5.7 FRESCOR

Houve diferença estatística em todos os tratamentos aplicados, demonstrando que há relação entre o nível de frescor e o período de armazenamento (Gráfico 11).

Gráfico 11: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Após um dia de armazenamento, os frutos do tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentavam índice de frescor nível 4 (Bom), diferente dos demais tratamentos que ainda apresentavam frescor 5 (Excelente). A ausência do resfriamento após a colheita pode ter auxiliado na redução rápida do frescor dos frutos, pois esta garante uma extensão da vida útil devido a redução do calor de campo e evita a degradação dos tecidos, logo, sabe-se que a ausência de tecnologia ou o atraso na realização das técnicas nas propriedades rurais podem reduzir o potencial de comercialização do produtor (FERREIRA *et al.*, 1994).

Os tratamentos que apresentaram uma redução acentuada e contínua até o fim dos 4 dias de armazenamento foram os tratados com hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> e hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita), apresentando os menores índice de frescor em relação aos demais tratamentos, sendo 3 (Intermediário) e 2 (Ruim), respectivamente, os demais tratamentos permaneceram com média de 4 (Bom) (Tabela 11).

Tabela 11: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)			Média geral
	1	2	4	
<b>Controle</b>	5,00 Aa	3,90 Bb	4,00 Bab	5,00 a
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	4,85 Aa	4,15 Bb	4,00 Bab	4,85 a
<b>Ácido peracético (pré-colheita) + Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	4,95 Aa	3,80 Bb	3,75 Bb	4,95 a
<b>Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	5,00 Aa	4,85 Aa	4,35 Ba	5,00 a
<b>Hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita)</b>	4,85 Aa	4,20 Bb	3,25 Cc	4,58 a
<b>Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	4,00 Ab	3,00 Bc	2,00 Cd	4,00 b
CV (%)	2,47	11,26	7,12	
Média geral	4,77 A	3,98 B	3,56 C	

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Após sete dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, apenas os frutos dos tratamentos ácido peracético (pré-colheita) e ácido peracético (pré-colheita) + hidroresfriamento (pós-colheita) não se diferiram do controle. Foi possível identificar que ao aplicar o hidroresfriamento de maneira isolada ou associado com CaCl<sub>2</sub> ou ácido peracético (pós-colheita) os frutos apresentaram os menores índices de frescor, apresentando frutos Ruins e Intermediários, com médias de 3,40, 2,00 e 3,00, respectivamente (Tabela 12).

Tabela 12: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)
	7 + 2
<b>Controle</b>	3,85 ab
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	4,00 a
<b>Ácido peracético (pré-colheita) + Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	3,70 b
<b>Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	3,40 c
<b>Hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita)</b>	2,00 e
<b>Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	3,00 d
CV (%)	4,43
Média geral	3,32

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Schiavone, Berry e Sargent (2014) observaram redução de até 20% em morangos hidroresfriados após sete dias de armazenamento, assim como observado na pesquisa em questão, onde as médias foram de 15% de redução após o mesmo período.

Jacomino *et al.* (2011) observou uma redução de até 50% no frescor de morangos ‘Festival’ resfriados por ar forçado em comparação a frutos hidroresfriados após sete dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, correlacionando essa condição a alta sensibilidade do fruto com a degradação dos tecidos, entre a colheita e a realização do procedimento de resfriamento do local de armazenamento. O baixo nível de frescor observado nos frutos armazenados sob refrigeração pode estar relacionado com a época de colheita, pois cada fruto podia apresentar um estágio de maturação distinto, apesar das semelhantes externas identificadas pela epiderme, e a ausência de controle de umidade na câmara de armazenamento, pois a umidade interfere diretamente na transpiração dos frutos.

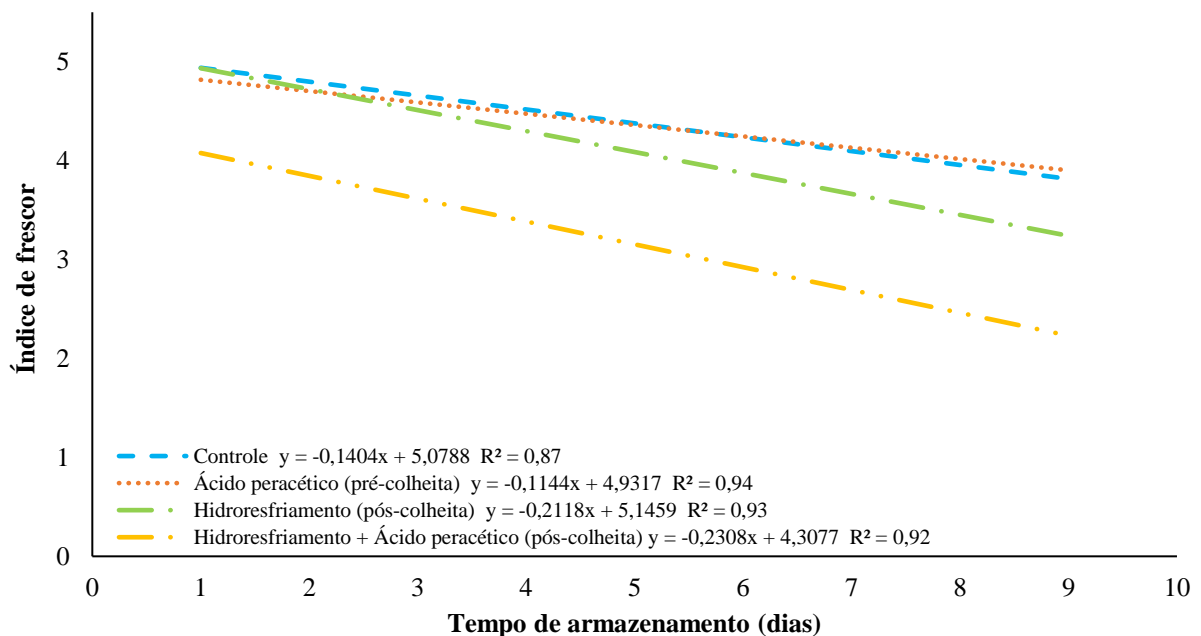
Após a colheita, o procedimento de resfriamento e embalagem podem possuir falhas que afetaram a armazenagem, casos de contaminação por patógenos ou falta de higienização



dos equipamentos influenciam diretamente a qualidade na pós-colheita, além disso, a qualidade da fonte de água utilizada para os tratamentos ou o local onde os frutos permanecem durante o hidroresfriamento podem influenciar negativamente a qualidade dos frutos (MARK, 2007).

Diferente do observado nesta pesquisa, que o tratamento de hidroresfriamento +  $\text{CaCl}_2$  apresentou os menores níveis de frescor, Chepngeno *et al.* (2016) observaram aumento de 12% no frescor de tomates submetidos ao mesmo tratamento com posterior armazenamento refrigerado por sete dias. Fontes de cálcio tendem a ser utilizadas em pré e pós-colheita a fim de ofertar maior resistência mecânica aos tecidos, para preservar a firmeza e a qualidade visual, por proporcionar a formação de grupos carboxílicos na lamela média da parede celular (ASAO, 2019). Houve diferença significativa pela análise de regressão do frescor dos frutos de todos os tratamentos após permanecerem sob refrigeração durante sete e nove dias + dois em temperatura ambiente (Gráfico 12).

Gráfico 12: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Com exceção do tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita), os demais apresentaram pouca variação de frescor, com frutos de alta qualidade até o fim do período. Mirtilos ‘Emerald’ e ‘Farthing’ hidroresfriados apresentaram pouca variação de frescor após armazenamento refrigerado de sete dias (CARNELOSSI *et al.*, 2019). Após sete e

nove dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, apenas o tratamento ácido peracético (pré-colheita) não apresentou diferença estatística em relação ao controle, sendo estes os que apresentaram os maiores índices de frescor em ambos os períodos (4,00), assim como o tratamento de hidroresfriamento (pós-colheita) (3,40) (Tabela 13).

Tabela 13: Índice de frescor de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)	
	7 + 2	9 + 2
<b>Controle</b>	4,00 a	4,00 a
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	4,00 a	4,00 a
<b>Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	3,40 b	3,40 b
<b>Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	3,00 c	2,00 c
CV (%)	4,79	7,67
Média geral	3,56	3,31

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

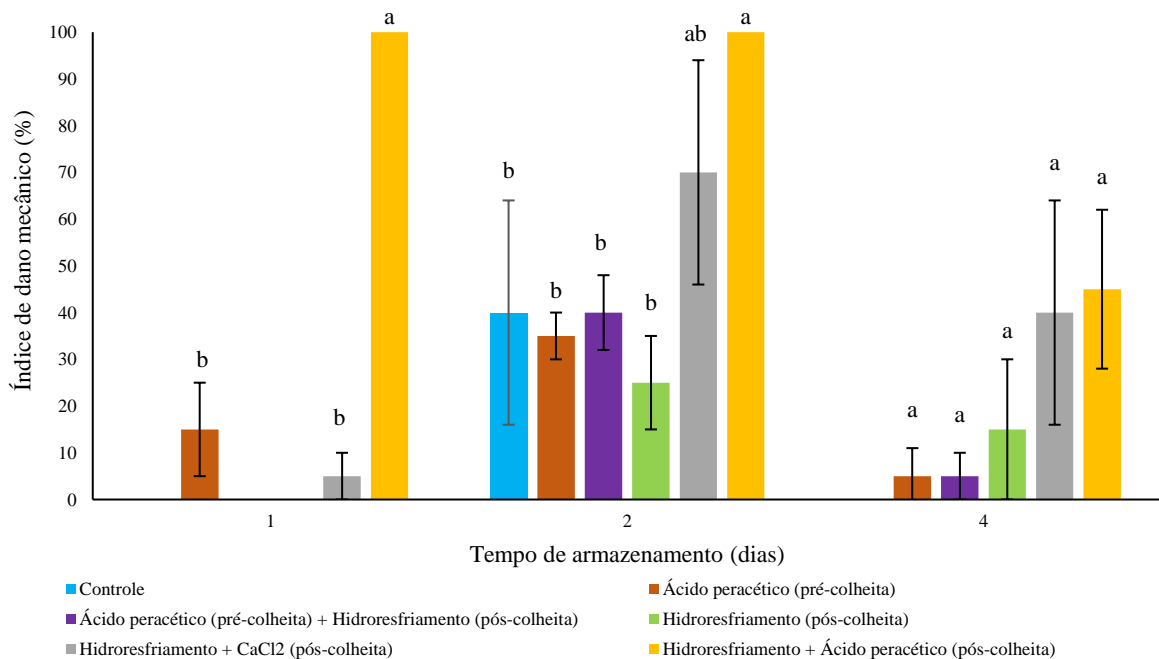
Chepngeno *et al.* (2016) observaram redução de 1 e 9% no frescor de tomates hidroresfriados e armazenados em câmara fria após sete e nove dias. Níveis de frescor aceitáveis e maior período de armazenamento foram observados nos frutos que permaneceram sob refrigeração, sendo a condição mais recomendada para prolongar o período de comercialização, pois quando o fruto permanece em refrigeração, sua integridade física é preservada, evitando altos níveis de desidratação e perda de qualidade.

Silva (2021) observou em mangabas hidroresfriadas redução de 30% no frescor após sete dias e 40% após nove dias sob refrigeração, nesta pesquisa, morangos hidroresfriados apresentaram redução máxima de 32% após sete dias sem redução posterior no frescor.

## 5.8 DANO MECÂNICO

Os morangos que apresentaram dano mecânico após 1 dia de armazenamento, foram os tratados com ácido peracético (pré-colheita) (15%), hidrosfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) (5%) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) (100%). Após dois dias em temperatura ambiente, foi possível identificar sinais de dano mecânico em todos os tratamentos, porém, apenas o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou diferença estatística, com os maiores índices de dano mecânico (100%). Após quatro dias de armazenagem, os índices gerais de dano mecânico (18%) foram estatisticamente iguais aos encontrados após um dia de armazenagem (20%) (Gráfico 13).

Gráfico 13: Índice de dano mecânico (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenagem em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenagem seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

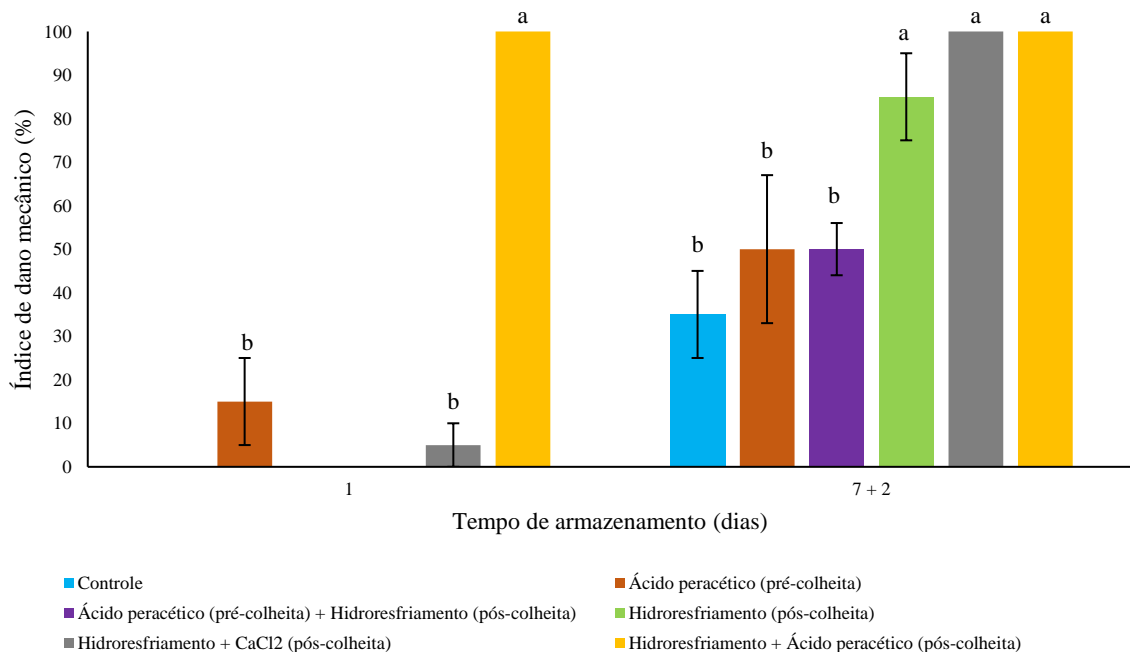
Isso ocorre, pois, a intensa manipulação afeta negativamente sua estrutura externa devido à alta sensibilidade do morango, principalmente quando expostos a altas temperaturas (CHITARRA, CHITARRA, 2005; ALCEO, ALMEIDA, 2016). Além de afetar a qualidade visual e estrutural do fruto, os danos mecânicos podem induzir danos causados por espécies

reativas de oxigênio e radicais livres que são sintetizados durante processos metabólicos relacionados ao estresse, como o caso de danos superficiais (JIMENEZ-GARCIA *et al.*, 2013).

Outro fator que pode influenciar na sensibilidade do fruto aos danos físicos pós-colheita é o estágio de maturação, nesta pesquisa os frutos foram colhidos com pelo menos 75% da epiderme avermelhada, porém, alguns frutos podem ter sido colhidos com um grau de maturação mais avançado, isso pois identificação é feita visualmente pelos colhedores (MANDUJANO *et al.*, 1995; ANTUNES, 2013). O dano mecânico é altamente favorecido pela temperatura do armazenamento e ação de enzimas como a  $\beta$ -galactosidase, onde a parede celular dos frutos passa a se degradar com o aumento da temperatura do armazenamento, causando o extravasamento celular pela maior permeabilidade das membranas durante o processo de senescência dos frutos (ANTUNES, GONÇALVES, TREVISAN, 2006; CAVALINI, 2008).

Os frutos que apresentaram as menores médias de dano após armazenamento refrigerado por sete dias + dois em temperatura ambiente foram o controle (35%), ácido peracético (pré-colheita) e ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita), ambos com 50% de dano, os demais tratamentos apresentaram pelo menos 85% de dano (Gráfico 14).

Gráfico 14: Índice de dano mecânico (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1 e 7 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos

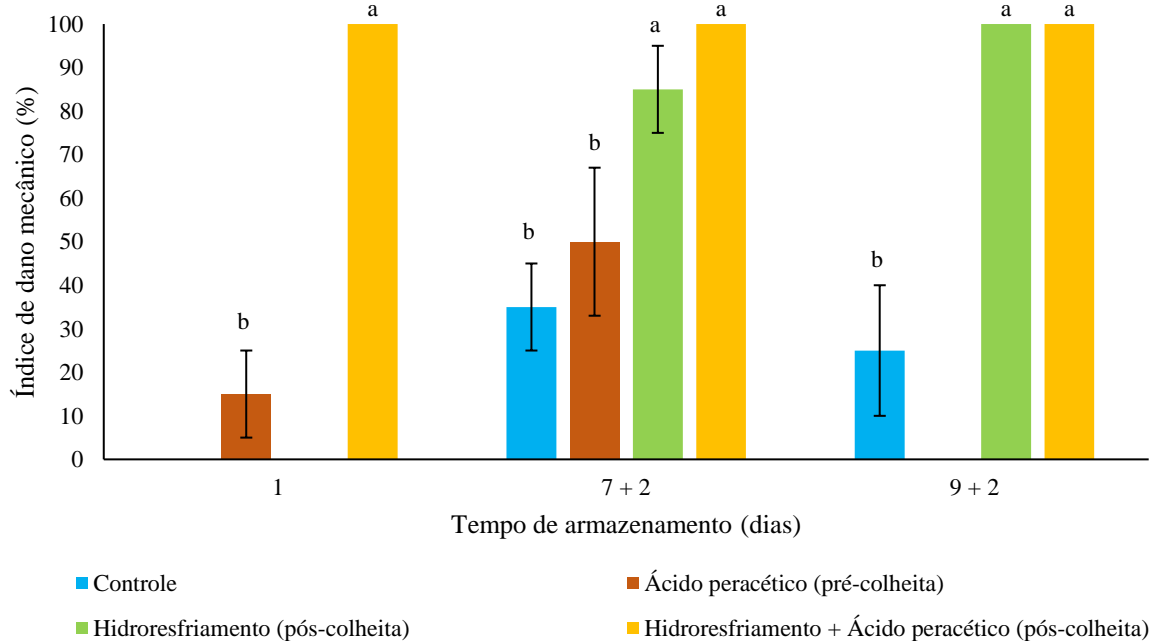


Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Os sinais de dano mecânico podem ser identificados mais facilmente quando há a perda de turgidez do fruto, logo, a perda de massa fresca e firmeza estão relacionadas com a redução no frescor visual, que acaba por afetar a característica brilhosa da epiderme do morango (DA SILVA DANTAS, REBOUÇAS, AMARAL, 2017). Com o tratamento de hidrosfriamento, esperava-se que os frutos apresentassem um nível de frescor razoável por mais tempo, devido ao incremento de água realizado com o tratamento, evitando grandes perdas de turgidez, porém, essa condição só foi observada quando adicionado o produto ácido peracético, sem diferença com o frescor observado nos frutos controle.

Os frutos do grupo controle apresentaram os menores índices de dano mecânico, sendo 25 e 35% de dano após sete e nove dias sob resfriamento + dois em temperatura ambiente, respectivamente, além deste, o tratamento com ácido peracético (pré-colheita) apresentou os menores índices de dano geral (21,70%), os demais tratamentos apresentaram níveis de frescor acima de 85% aos sete e nove dias, diferindo estatisticamente dos demais (Gráfico 15).

Gráfico 15: Índice de dano mecânico (%) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

As técnicas de resfriamento rápido são capazes de minimizar a incidência de patógenos quando em condições controladas, porém, não reduz por completo a proliferação dos agentes patogênicos, logo, estes podem influenciar na degradação externa da epiderme e esta ação pode ser confundida com algum dano mecânico (SCHIAVONE, BERRY, SARGENT, 2014).

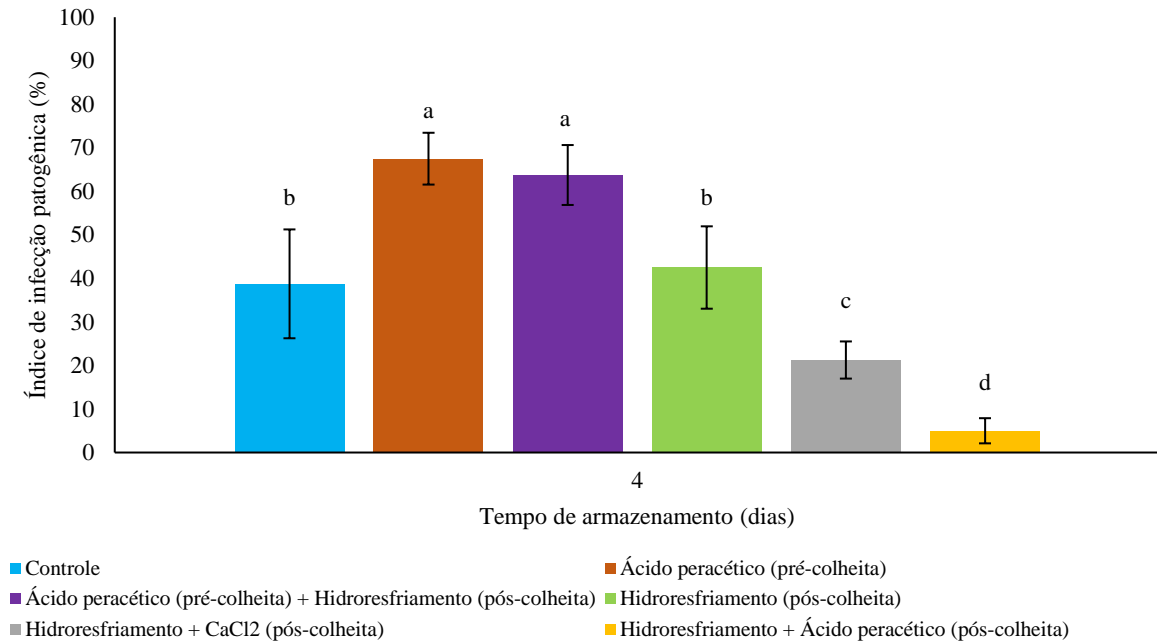
Em mirtilos ‘Emerald’ houve um aumento de 15% no dano mecânico das bagas, onde os autores correlacionaram o dano com a alta disponibilidade de água durante o processo de hidroresfriamento que pode ter aumentado excessivamente a turgidez dos frutos causando o rompimento do pericarpo que protege a polpa (CARNELOSSI *et al.*, 2019). Jacomino *et al.* (2011) observaram que morangos hidroresfriados apresentaram mais lesões superficiais que frutos não tratados, devido a manipulação excessiva dos frutos durante os processos que envolvem o tratamento com hidroresfriamento. Ferreira *et al.* (2006) observaram danos superficiais logo no início das avaliações de morangos ‘Sweet Charlie’ hidroresfriados e durante o armazenamento, identificaram encharcamento nas áreas que continham as lesões, que evoluíram para podridões, pois as lesões na epiderme e a senescência que ocorre após a colheita favorecem a ação de patógenos sobre os frutos.

Além disso, a ausência de equipamentos para controle de umidade dentro da câmara fria pode ter promovido uma condição ótima de degradação do fruto, que dificultou no momento de distinguir características de dano mecânico ou degradação natural pois este pode ser considerado uma porta de entrada para agentes patogênicos além de acelerar o metabolismo do fruto pela exposição dos tecidos (GOMES, 2022).

## 5.9 ÍNDICE DE INFECÇÃO

O tratamento que apresentou o menor índice de infecção geral com diferença estatística pelo teste SNK ao nível 5% de significância quando armazenado em temperatura ambiente foi o hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) (1,67%). Apenas após 4 dias de armazenagem os níveis de infecção ultrapassaram o nível mínimo, os frutos tratados com ácido peracético em pré-colheita apresentaram os maiores índices de infecção, 67,50 e 63,75%, respectivamente, o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou os menores índices de infecção (5%), seguido do tratamento de hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) (21,25%) (Gráfico 16).

Gráfico 16: Índice de infecção patogênica (%) de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

A eficiência do ácido peracético sobre microrganismos foi observada apenas quando associado com o hidroresfriamento em pós-colheita, possivelmente pois com a atividade de oxidação do ácido peracético e o resfriamento rápido após a colheita promoveram uma maior capacidade de defesa aos frutos mesmo durante o armazenamento em temperatura ambiente.

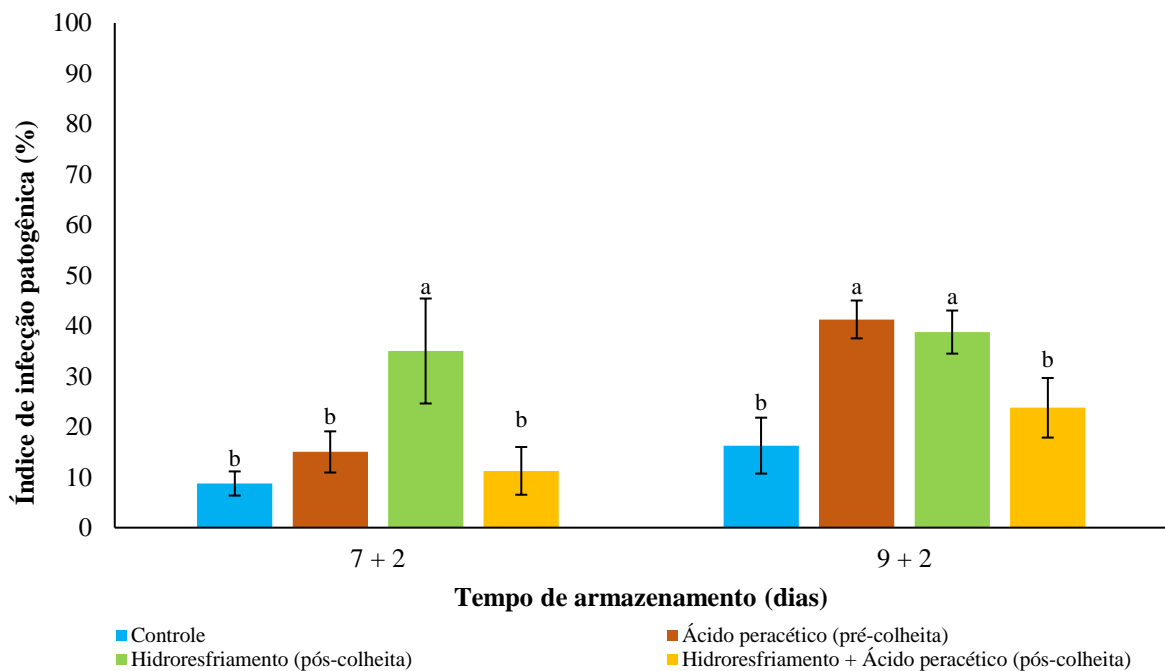
Alguns autores relatam uma maior incidência patogênica em morangos hidroresfriados devido a água livre presente na base da embalagem ou em toda a superfície dos frutos, principalmente quando a embalagem é totalmente vedada com algum material PET (tereftalato de etileno) ou filme de PVC (cloreto de vinila) (JACOMINO *et al.*, 2011; RIBEIRO, 2020).

As infecções que geram mumificação dos frutos causada pelo agente patogênico *Botrytis cinerea* pode ocorrer em campo e permanecer latente até encontrar condições ótimas de desenvolvimento ou então na pós-colheita, favorecido por algum dano mecânico e alta temperatura e umidade (FLORES-CANTILLANO, DA SILVA, 2010; ALCEO, ALMEIDA, 2016). Assim como observado nesta pesquisa, Alceo e Almeida (2016) observaram infecção patogênica a partir dos três dias de armazenamento em morangos ‘Portola’ sem nenhum

tratamento em temperatura ambiente. Anami *et al.* (2022) também observaram um incremento na incidência de podridões em morangos ‘San Andreas’ hidroresfriados sob refrigeração quando houve atraso na refrigeração dos frutos, logo, frutos que são passados por nenhum processo de resfriamento após a colheita, tendem a apresentar maiores níveis de infecção.

Após sete e nove dias sob refrigeração + dois em temperatura ambiente, nenhum tratamento apresentou índices inferiores aos dos frutos controle (8,75 e 16,25%), porém, o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) se igualou estatisticamente ao controle com os menores índices de infecção (23,75%) após nove dias (Gráfico 17).

Gráfico 17: Índice de infecção patogênica (%) de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Os mesmos valores de podridão foram observados em mangabas hidroresfriadas e armazenadas sob refrigeração por nove dias, demonstrando a eficiência do tratamento térmico no controle patogênico (SILVA, 2021).

Sehirli *et al.* (2020) observaram em cerejas ‘Napoleon’ armazenadas por 30 dias a  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  seguidas por mais 4 dias em temperatura ambiente, uma incidência de 27% de infecção por



*Botrytis cinerea* quando os frutos foram submetidos ao hidrosfriamento e 22% quando houve a associação de ácido peracético e hidrosfriamento em pós-colheita, assim como observado na pesquisa em questão, frutos com ambos os tratamentos associados apresentaram as menores médias de infecção. Ribeiro (2020), observou que a técnica de hidrosfriamento isolada não foi suficientemente capaz de reduzir a incidência patogênica em morangos ‘San Andreas’.

Em contrapartida, Ferreira *et al.* (1994) observou no máximo 5% de incidência patogênica em morangos ‘Sweet Charlie’ quando submetidos ao hidrosfriamento após sete dias resfriados e 24 horas em temperatura ambiente, os autores relatam que as menores porcentagens de incidência ocorreram devido a uma melhor seleção dos frutos, uniformizando o nível de maturação e removendo frutos que possuíam sinais de dano mecânico.

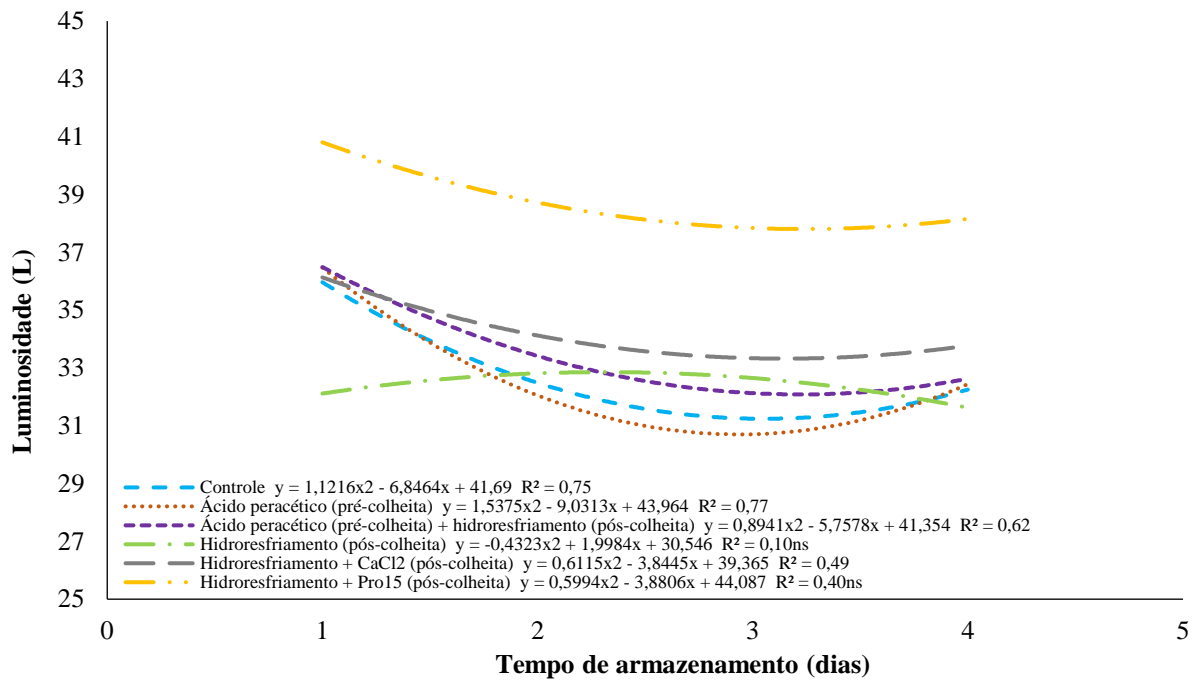
Resultados semelhantes foram observados por Schiavone, Berry e Sargent (2014), onde morangos hidrosfriados e armazenados por sete dias em refrigeração apresentaram no máximo 8% de podridão, após 14 dias esse nível de podridão aumentou 14%. Esse aumento expressivo de incidência patogênica possui correlação com diferentes variáveis, como nível de maturação e integridade dos frutos, como também devido à época de realização da colheita, onde os frutos colhidos no final da safra receberam um menor número de tratamento fitossanitário em campo por conta da redução no preço final de comercialização dos frutos (JACOMINO *et al.*, 2011; SCHIAVONE, BERRY, SARGENT, 2014).

Sabe-se que a utilização de sanitizantes são efetivos contra a expressão do dano patogênico, seja em pré ou pós-colheita, além disso, a utilização das variantes de sanitizantes podem ser associadas com facilidade ao hidrosfriamento, principalmente aquelas não dependentes de pH (MARI *et al.*, 1999; RIBEIRO, 2020).

## 5.10 LUMINOSIDADE

Após análise de brilho superficial pela regressão e teste F, apenas o tratamento de hidrosfriamento (pós-colheita) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) não apresentaram diferença estatística entre os períodos avaliados, porém, apresentaram os maiores valores de luminosidade com diferença estatística em relação aos demais em todos os períodos, com médias de 40,80, 38,70 e 38,15 após 1, 2 e 4 dias, respectivamente (Gráfico 18).

Gráfico 18: Luminosidade (L) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Os aspectos visuais dos frutos do tratamento hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) podem ser observados na figura 8, enquanto os demais não se diferiram do controle que apresentou valores médios de 32,48 e 32,25 após dois e quatro dias. Os valores médios de luminosidade observados nesta pesquisa se equivalem aos identificados por Gunduz e Ozbay (2018) e Morales-Quintana e Ramos (2019) que observaram uma média geral de 33,30 e 38,95 de luminosidade em morangos ‘San Andreas’, os autores consideram esses valores ligeiramente superiores aos observados em outras cultivares. Nunes *et al.* (2006) observou redução na luminosidade de morangos ‘Chandler’, ‘Oso Grande’ e ‘Sweet Charlie’, de modo que frutos no início da maturação apresentavam valores superiores (60,00) em relação àqueles com  $\frac{3}{4}$  da epiderme vermelha, variando de 35,00 a 40,00.

A coloração do fruto se intensifica com o acúmulo de antocianinas durante o amadurecimento, que confere o vermelho característico da fruta, porém, a intensidade de coloração é afetada pelas condições de temperatura e armazenamento que afetam diretamente no brilho do fruto, logo, são necessário cuidados especiais na pós-colheita para garantir as características de frescor (CHEPNGENO, 2015; MORALES-QUINTANA; RAMOS, 2019).

Ribeiro (2020) observou que a luminosidade de morangos hidroresfriados e armazenados em temperatura ambiente reduziram de 35,00 para 28,00 após três dias de armazenamento. Sabe-se que a coloração dos frutos pode ser influenciada pela temperatura e armazenamento, logo, quando há um atraso ou a ausência da realização de resfriamento pós-colheita há uma redução da luminosidade que reduz o valor agregado ao fruto (ANAMI, 2022).

Ao avaliar o comportamento da luminosidade dos frutos de cada tratamento após sete e nove dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente apenas o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) se diferiu dos demais pelo teste SNK a 5%, com os maiores valores de luminosidade, sendo 42,15 e 42,81. Os frutos do tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentaram um aspecto descolorido na epiderme que pode ter influenciado nos resultados obtidos (Tabela 14).

Tabela 14: Luminosidade (L) de morangos ‘San Andreas’ após 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a cinco variações de tratamentos

Tratamento	Período de armazenamento (dias)	
	7 + 2	9 + 2
<b>Controle</b>	36,16 b	36,14 b
<b>Ácido peracético (pré-colheita)</b>	36,03 b	36,79 b
<b>Hidroresfriamento (pós-colheita)</b>	35,93 b	37,88 b
<b>Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita)</b>	42,14 a	42,81 a
CV (%)	4,03	
Média geral	37,56	38,40

Médias de tratamentos seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. CV= coeficiente de variação. Fonte: O autor.

Os demais tratamentos não apresentaram diferença em relação ao controle, com 36,16 e 36,14 após sete e nove dias em refrigeração + dois em temperatura ambiente. Mangabas hidroresfriadas em armazenamento refrigerado também não apresentaram diferenças em relação a frutos não tratados (SILVA, 2021). Chepngeno (2015) apresentou valores superiores de luminosidade em tomates submetidos ao hidroresfriamento +  $\text{CaCl}_2$ , demonstrando que a interação entre a temperatura da solução e o sanitizante podem favorecer o brilho dos frutos ao longo do armazenamento refrigerado. Ferreira *et al.* (1994) não observou diferença entre frutos

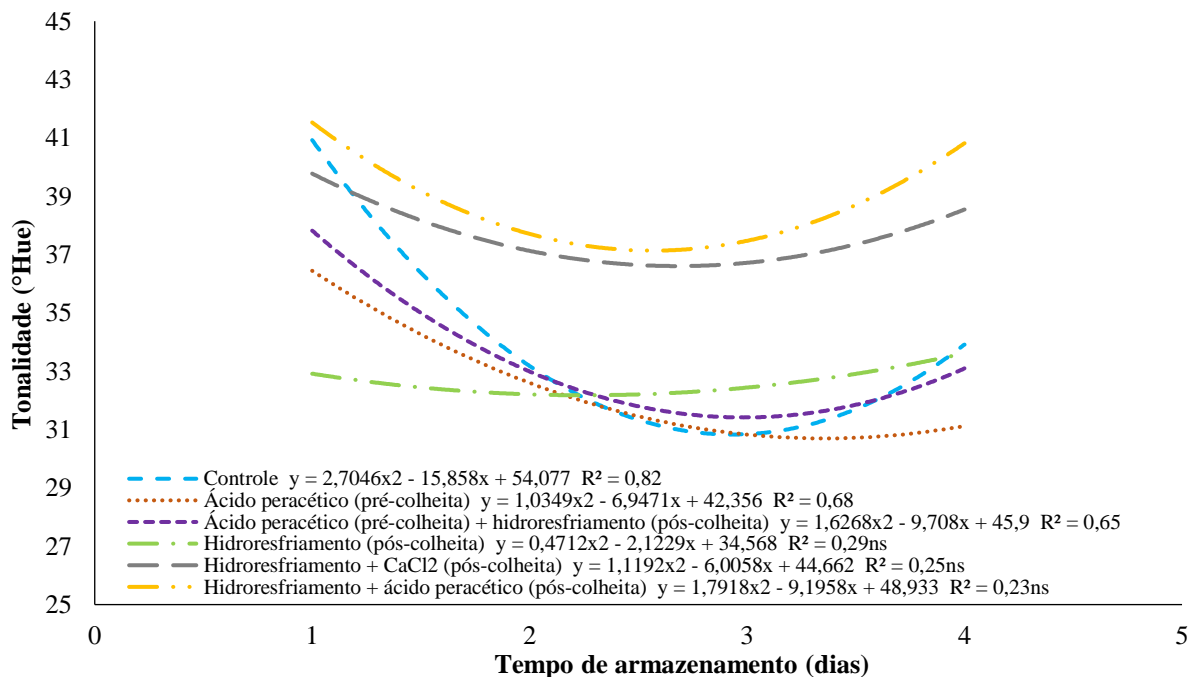
tratados ou não com hidroresfriamento, logo, é possível que a alta luminosidade seja influenciada pela ação do ácido peracético associado ao tratamento térmico em pós-colheita.

Morangos submetidos a diferentes concentrações e períodos de imersão em ácido peracético com posterior congelamento a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , não apresentaram diferença em relação aos frutos não tratados (NICOLAU-LAPENA *et al.*, 2019). Possivelmente, os maiores valores de luminosidade no tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) possuem relação com o produto sanitizante, que pode ter interagido com a solução e influenciado na descoloração da epiderme causando valores elevados de luminosidade.

### 5.11 TONALIDADE ( $^{\circ}\text{HUE}$ )

A tonalidade, calculada através do ângulo Hue dos frutos, apresentaram diferença significativa para os frutos do grupo controle, e dos tratamentos ácido peracético (pré-colheita) e ácido peracético (pré-colheita) + hidroresfriamento (pós-colheita) (Gráfico 19).

Gráfico 19: Tonalidade ( $^{\circ}\text{Hue}$ ) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a cinco variações de tratamentos

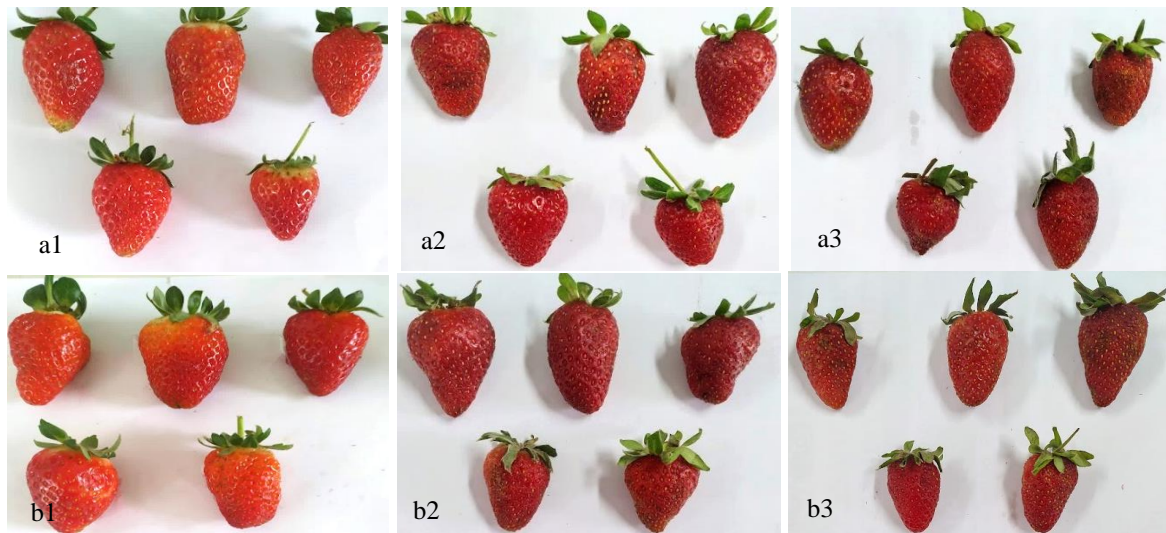


Fonte: O autor.

Os tratamentos que não apresentaram diferença significativa tiveram pouca variação durante o armazenamento, as médias gerais dos tratamentos de hidrosfriamento (pós-colheita), hidrosfriamento +  $\text{CaCl}_2$  (pós-colheita) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) foram, 32,90, 38,50 e 40,00, respectivamente. Estes tratamentos apresentaram comportamentos semelhantes, com redução na tonalidade dos frutos, condição que possui relação com a degradação das antocianinas, o pigmento flavonoide presente em maior quantidade em morangos (MORALES-QUINTANA, RAMOS, 2019). Os valores de tonalidade observados nesta pesquisa foram superiores aos encontrados por de Oliveira Franco, Uliana e Lima (2017), uma média de 32,00 e por Gunduz e Ozbay (2018) uma média de 24,60, apesar disso, a cultivar apresenta a maior tonalidade entre as demais observadas pelos autores.

O tratamento de ácido peracético (pré-colheita) teve redução de tonalidade de 36,45 para 31,10 e o tratamento de ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita) apresentou redução de 37,80 para 33,10 após um e quatro dias de armazenagem (Figura 10).

Figura 10: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ submetidos ao tratamento de ácido peracético (pré-colheita) (a) e ao tratamento de ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita) (b) após 1, 2 e 4 dias de armazenagem em temperatura ambiente (20 °C)



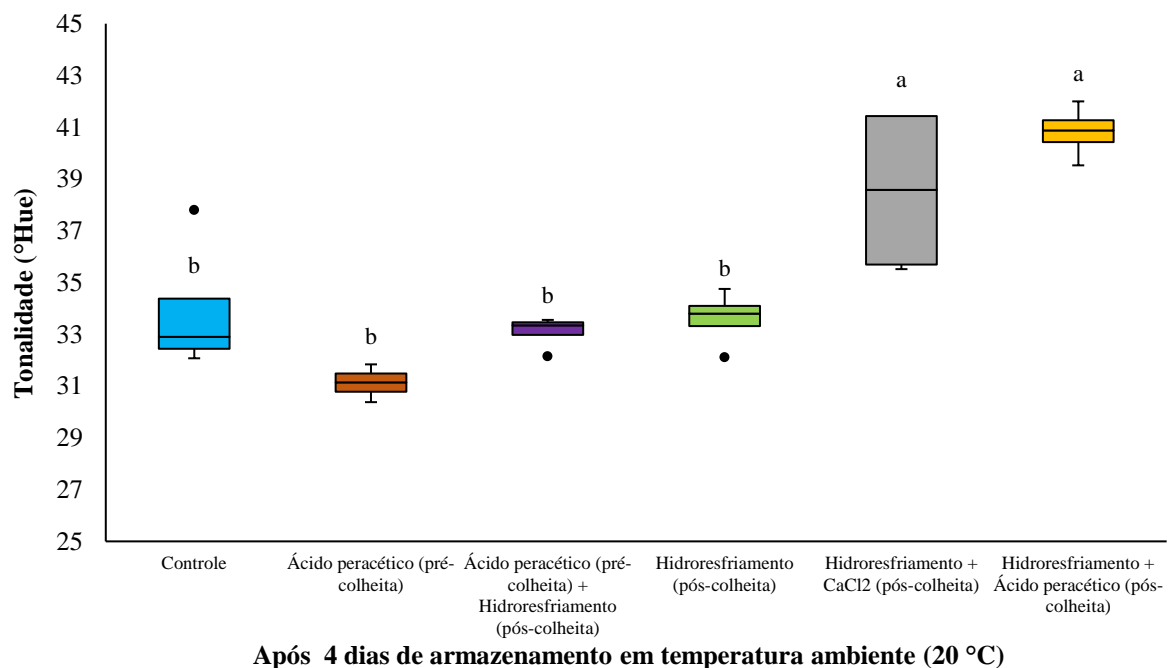
a1= frutos após a aplicação do tratamento; a2= após 2 dias de armazenagem; a3= após 4 dias de armazenagem.  
b1= frutos após a aplicação do tratamento; b2= após 2 dias de armazenagem; b3= após 4 dias de armazenagem.  
Fonte: O autor.

A temperatura elevada e os níveis de pH influenciam a tonalidade de forma estrutural, pois quanto maiores os níveis de pH, a formação de ligações de ligas duplas conjugadas,

responsáveis por absorver as antocianinas, irão reduzir promovendo o escurecimento (CORDENUNSI *et al.*, 2005; BORDIGNON *et al.*, 2009; FERNANDES, 2013).

Os frutos dos tratamentos de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) e hidrosfriamento +  $\text{CaCl}_2$  (pós-colheita) armazenados em temperatura ambiente após quatro apresentaram valores de tonalidade superiores, com 40,82 e 38,55 de  $^\circ\text{Hue}$ , respectivamente, em relação a 33,92 dos frutos controle (Gráfico 20).

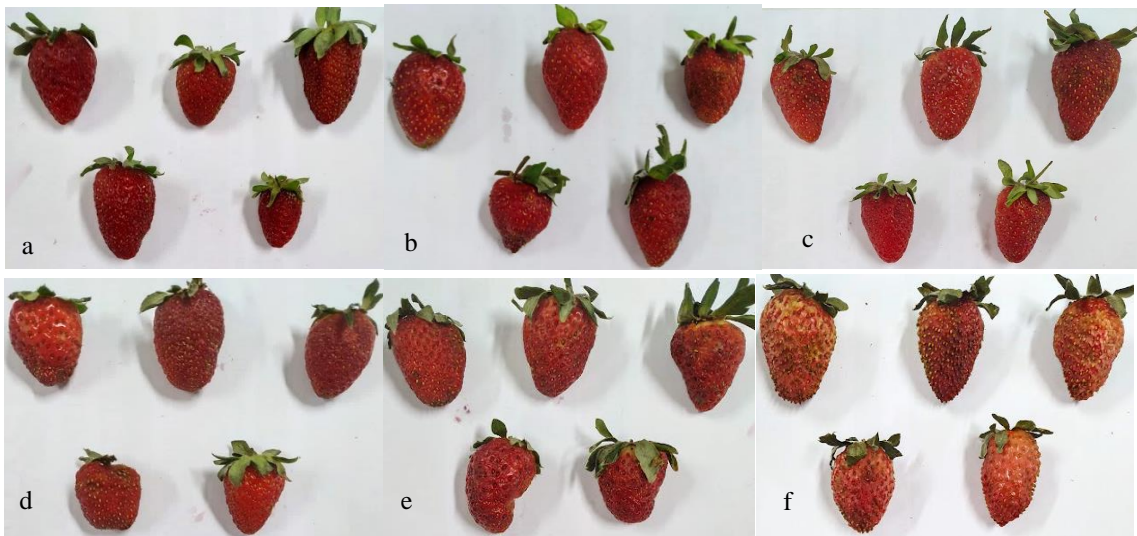
Gráfico 20: Tonalidade ( $^\circ\text{Hue}$ ) de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente ( $20^\circ\text{C}$ ) submetidos a cinco variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

É possível que os maiores valores de tonalidade observados no tratamento de hidrosfriamento +  $\text{CaCl}_2$  (pós-colheita) tenham ocorrido pela presença de pectinas de cálcio na parede celular que evitou a degradação dos pigmentos. Valores elevados de tonalidade foram observados em tomates submetidos ao hidrosfriamento +  $\text{CaCl}_2$ , pois o cloreto de cálcio possui relação com a maturação e baixa sínteses de etileno, que evitam a degradação dos pigmentos e escurecimento da epiderme (CHEPNGENO, 2015). O armazenamento é capaz de reduzir o escurecimento dos frutos por proporcionar uma condição de estabilidade metabólica, minimizando os danos por oxidação (FLORES CANTILLANO *et al.*, 2008; FERNANDES, 2013). A redução da pigmentação na superfície dos frutos pode ser identificada pela figura 11.

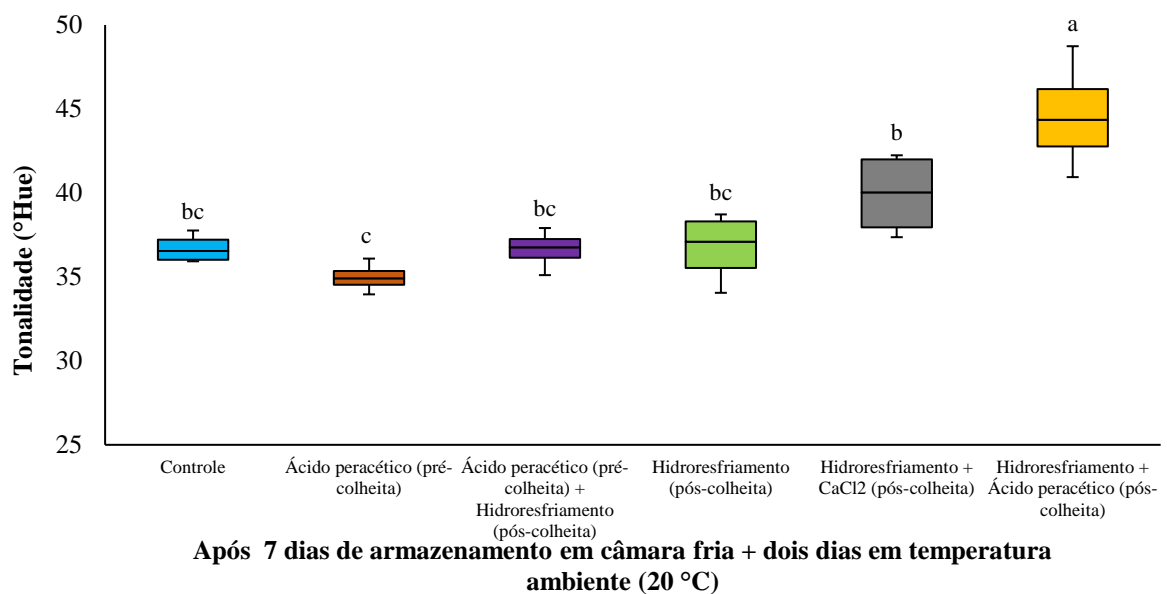
Figura 11: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



a= Controle; b= Ácido peracético (pré-colheita); c= Ácido peracético (pré-colheita) + Hidroresfriamento (pós-colheita); d= Hidroresfriamento (pós-colheita); e= Hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita); f= Hidroresfriamento + Ácido peracético (pós-colheita). Fonte: O autor.

Após sete dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, os frutos do tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentaram o maior valor de tonalidade (44,60), diferenciando-se dos frutos controle (36,70) (Gráfico 21).

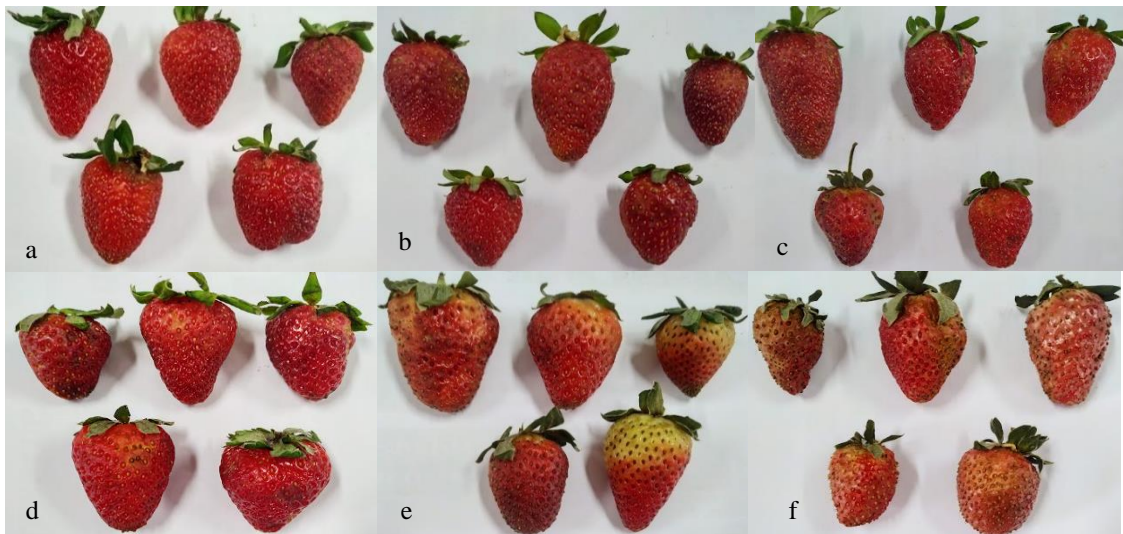
Gráfico 21: Tonalidade (°Hue) de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria (0 °C ±2) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

A diferença externa dos frutos demonstra que o armazenamento refrigerado possui uma ação direta sobre o retardo da senescência e pode ser identificada pela figura 12, onde a câmara fria evita com que haja uma maior síntese e acúmulo de antocianinas, que podem evoluir para um escurecimento, logo, o fruto não sofre alterações significativas na coloração da epiderme.

Figura 12: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a cinco variações de tratamentos



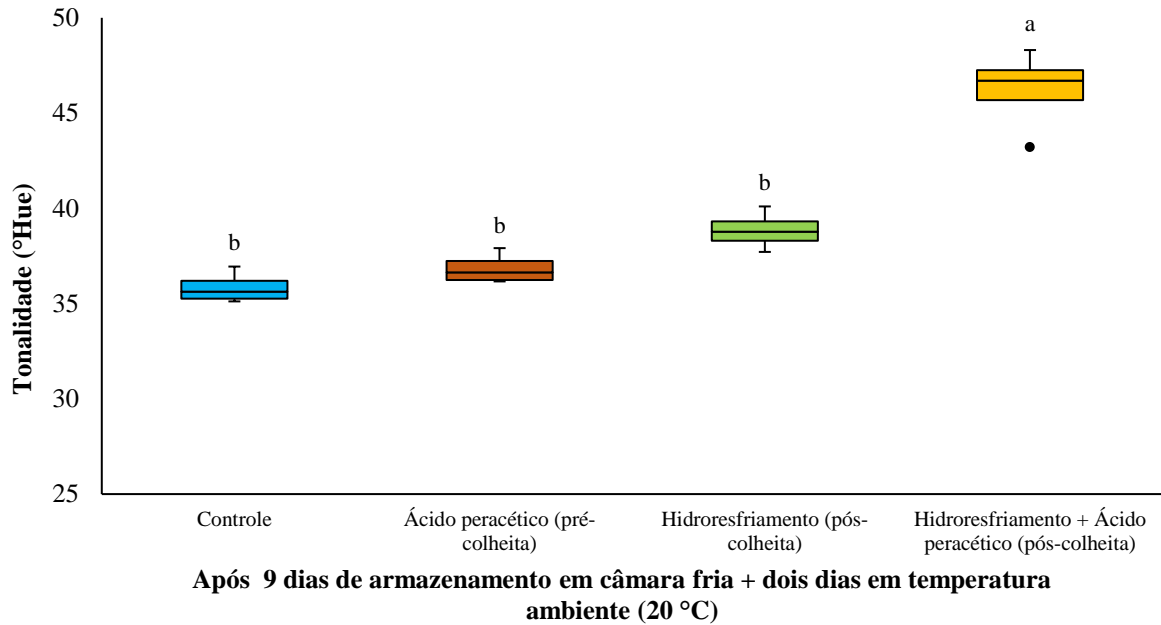
a= controle; b= ácido peracético (pré-colheita); c= ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita); d= Hidrosfriamento (pós-colheita); e= Hidrosfriamento +  $\text{CaCl}_2$  (pós-colheita); f= Hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita). Fonte: O autor.

Há variação na tonalidade durante o armazenamento, com redução após serem retirados do resfriamento e permanecerem em condição ambiente, tanto em mangabas quanto em morangos ‘Festival’ hidrosfriados (JACOMINO *et al.*, 2011; SOARES, 2021).

Ao comparar a tonalidade dos frutos com tratamento de ácido peracético (pré-colheita), hidrosfriamento (pós-colheita) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) após nove dias em câmara fria + dois em temperatura ambiente, foi possível identificar que os frutos do tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentaram diferença significativa pelo teste SNK a 5% em relação aos demais com média de 46,23 (Gráfico 22).



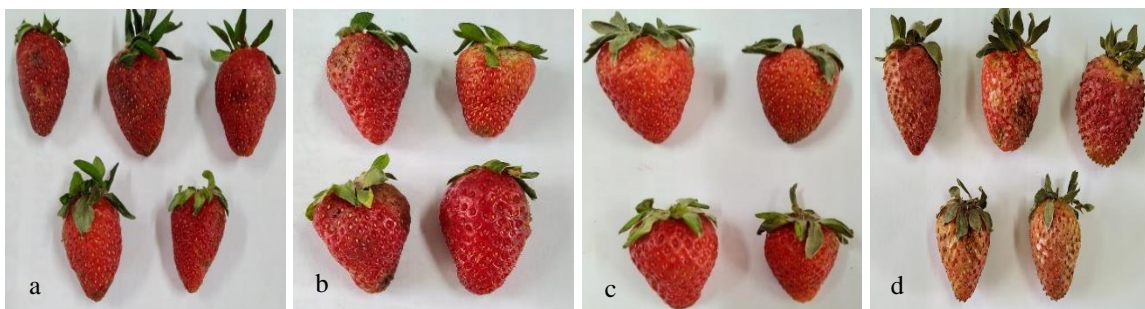
Gráfico 22: Tonalidade ( $^{\circ}\text{Hue}$ ) de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Após a colheita ocorrem alterações na coloração da epiderme dos morangos, onde a tonalidade é influenciada pelo ambiente, e o acúmulo de antocianinas pode continuar, porém, sob refrigeração é possível que ocorra a paralisação de processos metabólicos e a concentração deste pigmento reduza (NUNES *et al.*, 2006; ANAMI, 2022). A diferença visual dos frutos após nove dias em refrigeração + dois em temperatura ambiente é apresentada na figura 13.

Figura 13: Identificação visual de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos

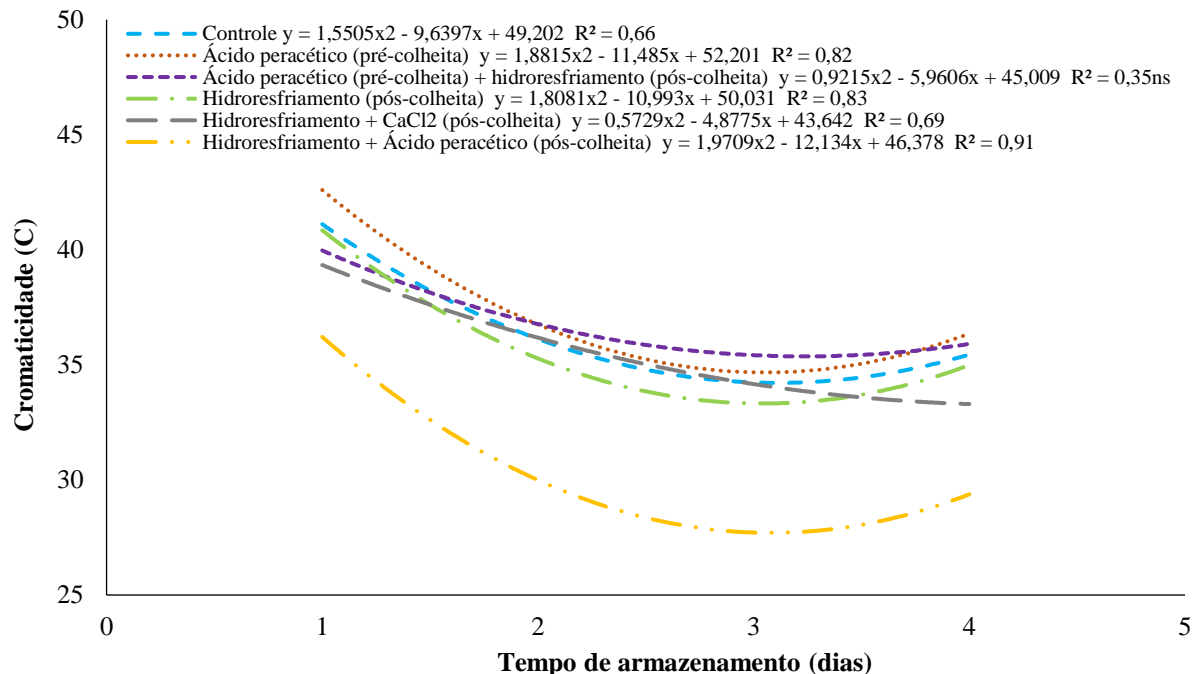


a= controle; b= ácido peracético (pré-colheita); c= Hidroresfriamento (pós-colheita); d= Hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita). Fonte: O autor.

## 5.12 CROMATICIDADE

Após realizar a análise de regressão e teste F, apenas o tratamento ácido peracético (pré-colheita) + hidrosfriamento (pós-colheita) não apresentou diferença estatística. O tratamento que apresentou os menores valores de saturação pelo teste Tukey a 5% em relação aos demais em todos os períodos avaliados, foi o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) com valores de 36,21, 29,99 e 29,87 após 1, 2 e 4 dias de armazenamento, os demais tratamentos não se diferiram significativamente do controle em nenhum período (Gráfico 23).

Gráfico 23: Cromaticidade (C) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

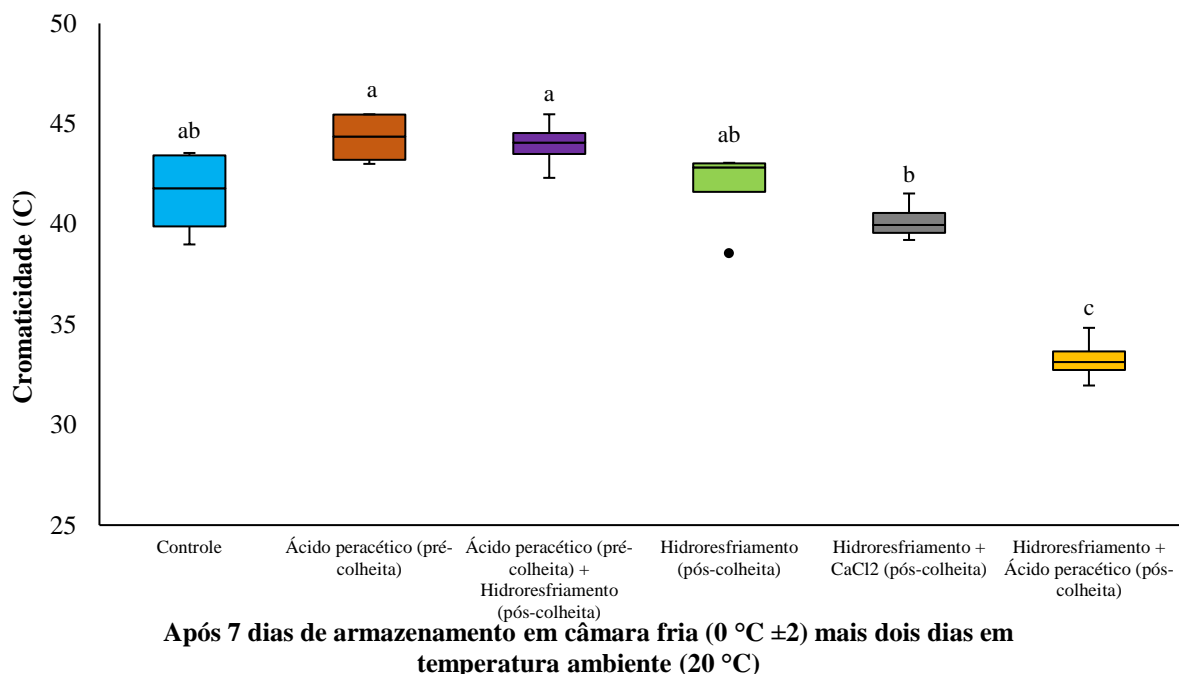
Ribeiro (2020) obteve valores semelhantes, com redução na cromaticidade e variando de 40 a 30 de saturação ao longo do armazenamento para frutos hidrosfriados ou não. Diferente do observado na pesquisa em questão, Alceo e Almeida (2016) observaram aumento na saturação dos frutos durante o armazenamento em temperatura ambiente. A saturação de morangos ‘San Andreas’ foi descrita como a maior entre outras cultivares como ‘Albion’, ‘Fortuna’ e ‘Camarosa’, com 38,7, 39,4 e 37,0, respectivamente (GUNDUZ, OZBAY, 2018).

A cromaticidade determina a intensidade da cor e a saturação dos pigmentos, o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou redução da

saturação de coloração externa logo após a aplicação do tratamento que se intensificou com o armazenamento. É possível que os valores baixos de saturação do tratamento supracitado, possuam maior relação com a ação do sanitizante aplicado junto ao tratamento térmico, ambos em pós-colheita, pois houve o enrijecimento da epiderme dos frutos no fim do armazenamento, que pode estar relacionada a perda de água pela ação acidificante do meio. Ribeiro (2020) demonstrou que morangos ‘San Andreas’ apresentaram uma característica de descoloração que se acentuou durante o armazenamento em temperatura ambiente, e quando armazenados sob refrigeração, esta característica era mais visível desde o primeiro dia de armazenamento.

Tanto os frutos armazenados sob temperatura ambiente, quanto aqueles que permaneceram sob refrigeração por sete + 2 dias em temperatura ambiente também demonstraram que o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou a menor média de saturação (33,25), enquanto os demais tratamentos não se diferiram do controle (41,52) pelo teste SNK a nível 5% de significância (Gráfico 24).

Gráfico 24: Cromaticidade (C) de morangos ‘San Andreas’ após 7 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a cinco variações de tratamentos

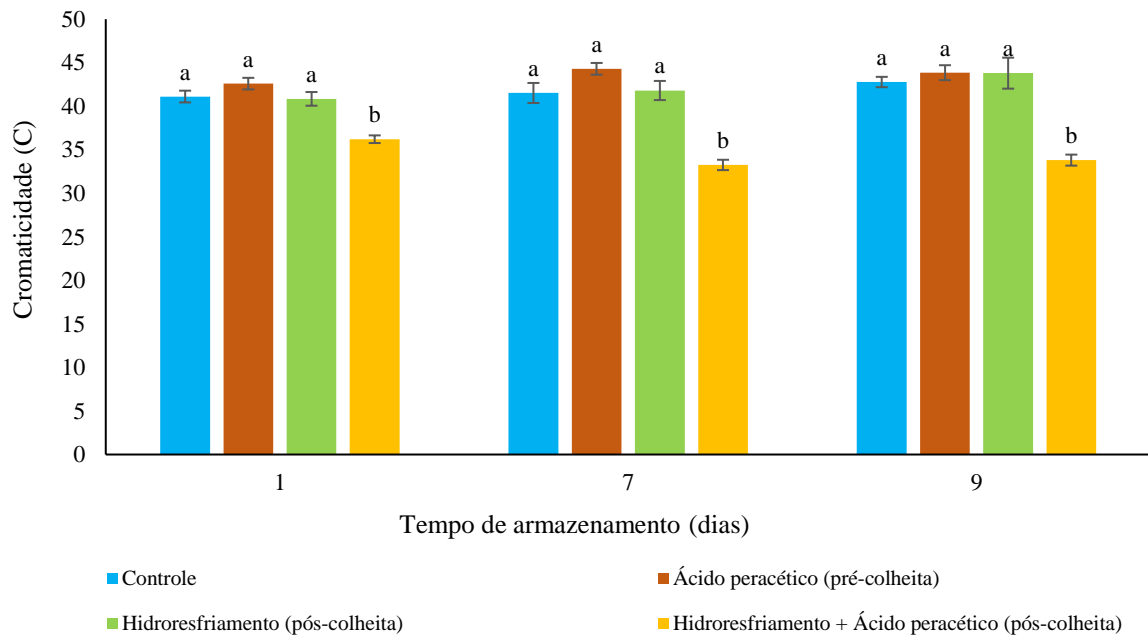


Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Nenhuma diferença significativa foi observada por Jacomino *et al.* (2011) entre morangos não tratados e outros submetidos ao hidroresfriamento durante o armazenamento refrigerado, apesar disso, houve diferença expressiva quando os frutos foram transferidos da condição de refrigeração para a temperatura ambiente, com um aumento de 15% no valor do croma observado, onde os frutos apresentaram uma coloração vermelha intensa.

Apenas o tratamento de hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) se diferenciou estatisticamente dos demais após sete e nove dias em câmara fria seguidos por mais dois dias em temperatura ambiente, com o menor índice cromático, houve redução de 36,21 com um dia de armazenamento para 33,25 após nove + dois dias (Gráfico 25).

Gráfico 25: Cromaticidade (C) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 7 e 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por mais 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

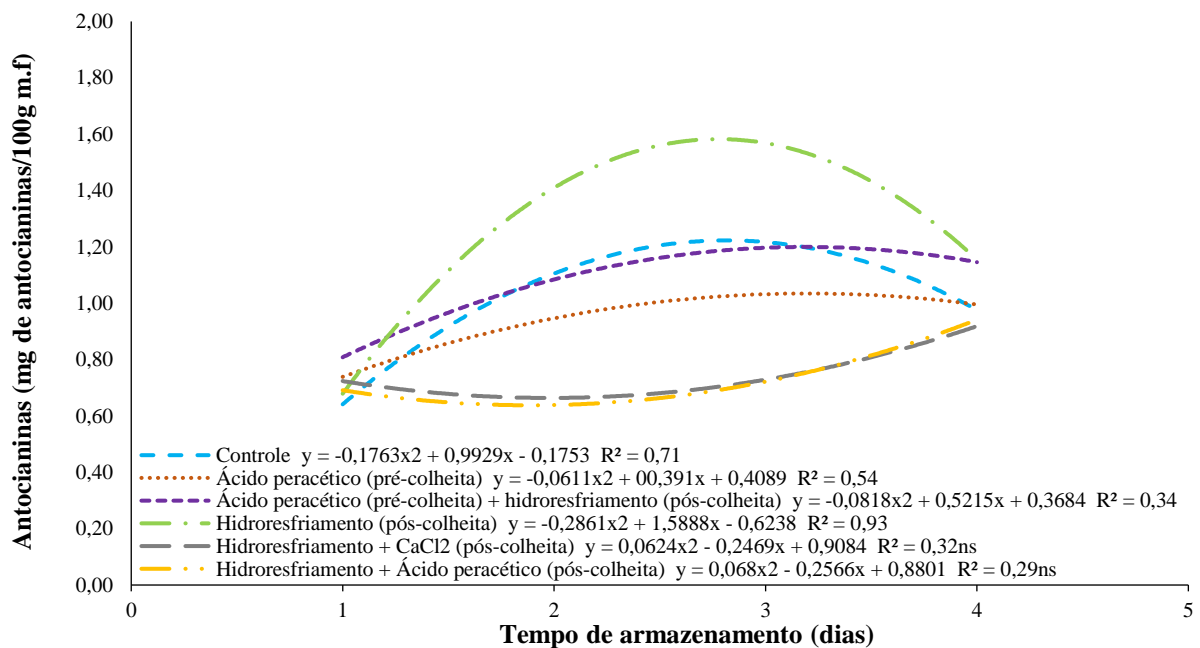
Fernandes (2013) observou um comportamento semelhante em morangos ‘Oso Grande’ tratados e não tratados com ácido láctico, com redução da cromaticidade, porém, correlacionaram esse resultado com processos metabólicos envolvidos na maturação e com as condições de temperatura e umidade do armazenamento que podem influenciar na intensificação da coloração vermelha, sendo estes os principais fatores que afetam a qualidade

visual dos frutos (BRACKMANN *et al.*, 2001; NUNES *et al.*, 2006; CARVALHO, 2013; ANAMI, 2022). Foi possível observar que além das características da condição de armazenamento, a interação entre o tratamento térmico e sanitizante também demonstrou uma tendência de menor intensidade de saturação aos morangos avaliados. Ferreira *et al.* (1994) observou que morangos ‘Sweet Charlie’ hidroresfriados apresentaram valores inferiores que aqueles tratados com hidroresfriamento e cloro livre, sendo assim, é possível que os sanitizantes utilizados de maneira associada apresentem respostas distintas ao produto a que é aplicado.

### 5.13 ANTOCIANINAS

Pela análise de regressão e teste F a 5% houve diferença significativa para todos os tratamentos com exceção do hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) e hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita), demonstrando que o comportamento da concentração de antocianinas dos morangos não foi influenciado pelo período de armazenagem (Gráfico 26).

Gráfico 26: Antocianinas (mg de antocianinas/100 g m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenagem em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

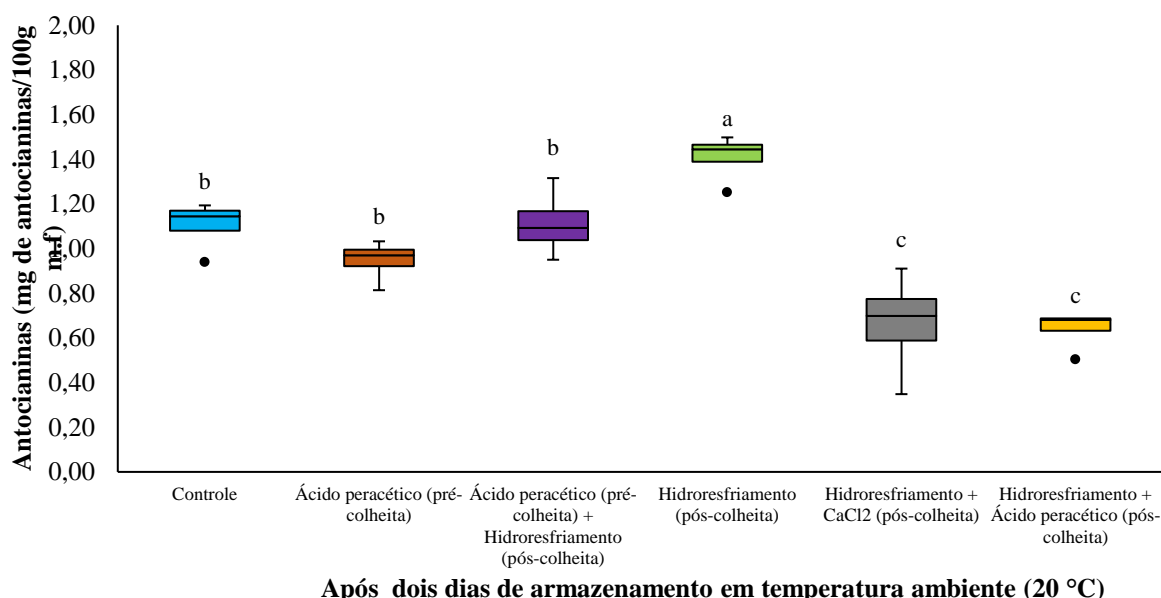


Fonte: O autor.

O tratamento de hidroresfriamento (pós-colheita) apresentou a maior média geral (1,081 mg de antocianinas/100 g m.f.) em relação aos demais tratamentos e o controle, sendo estatisticamente superior pelo teste SNK a 5% de significância. Os valores de antocianinas obtidos neste estudo foram inferiores em relação aos apresentados por alguns autores, esse fato pode estar relacionado com os diferentes métodos de extração adotados entre os estudos, o manejo adotado durante o cultivo ou o estágio de maturação determinado no momento da colheita (NUNES *et al.*, 2006; ABU-ZAHRA, 2017; NICOLAU-LAPENA *et al.*, 2019).

Houve diferença estatística entre os tratamentos após dois dias de armazenagem em temperatura ambiente, este pode ser considerado o limite máximo para alcançar altas concentrações de antocianinas sem efeito negativo de escurecimento externo, onde os tratamentos de hidroresfriamento + CaCl<sub>2</sub> (pós-colheita) e hidroresfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentaram as menores médias com diferença estatística, 0,663 e 0,638 mg de antocianinas/ 100 g de m.f., e o tratamento de hidroresfriamento apresentou a maior média com diferença para os demais e o controle, com 1,409 mg de antocianinas/100 g de m.f., os demais tratamentos não se diferiram do controle, onde é possível observar que a concentração de antocianinas tende a aumentar no início do armazenamento com subsequente queda, possivelmente pela degradação dos pigmentos que torna os frutos escurecidos (Gráfico 27).

Gráfico 27: Antocianinas (mg de antocianinas/100 g m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 2 dias de armazenagem em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos

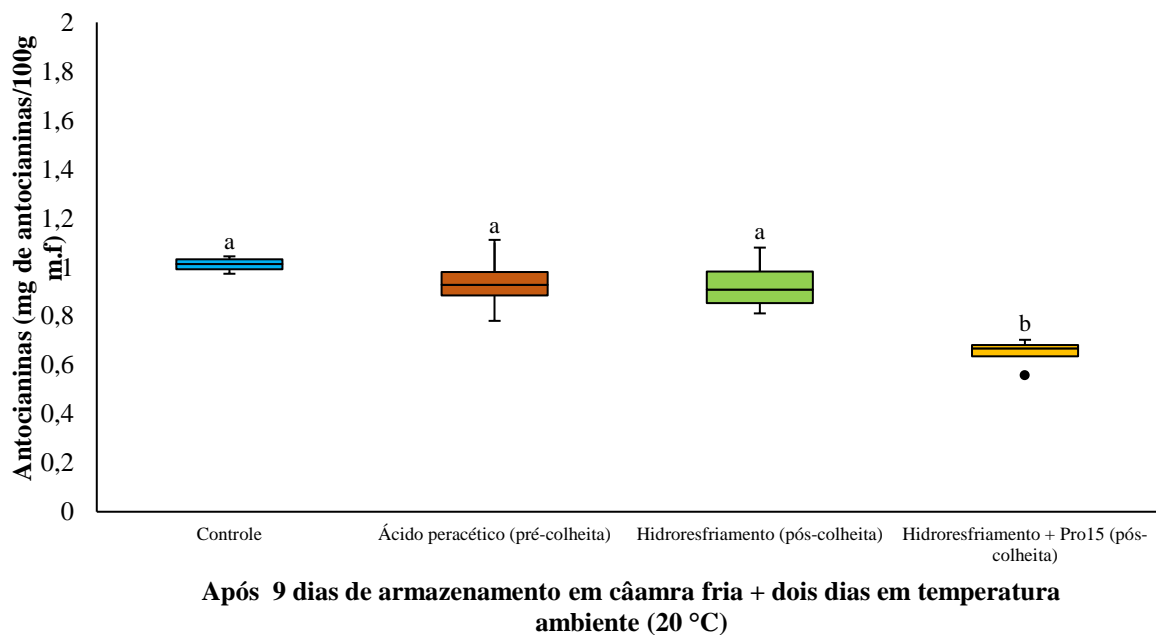


Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenagem seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste SNK ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Assim como observado por Nunes *et al.* (2006), há um acúmulo de antocianinas mesmo após a colheita e o armazenamento, principalmente quando este ocorre em condição de temperaturas mais elevadas, em contrapartida, Abu-Zahra (2017) observou aumento de até 21% do conteúdo de antocianinas em morangos ‘Arben’ sob refrigeração. O comportamento variante do conteúdo de antocianinas ao longo do armazenamento também foi observado por Cordenunsi *et al.* (2005) em morangos ‘Oso Grande’, que apresentaram aumento de 100% até metade do período de armazenamento, com posterior redução de 25% do valor total. Valores semelhantes foram descritos por Jimenez-Garcia *et al.* (2013), que apresentou uma concentração de 0,54 mg de antocianinas/100 g de peso fresco.

Após sete dias de armazenamento refrigerado, seguido de mais dois em temperatura ambiente, não foi possível identificar diferença significativa a 5% pelo teste Tukey entre os tratamentos e o controle, a média geral foi de 0,783 mg de antocianinas/100 g m.f. para o período. Apenas os frutos do tratamento de hidroresfriamento (pós-colheita) (0,649 mg de antocianinas/100 g m.f.) se diferiu estatisticamente dos demais tratamentos e do controle após nove dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente (Gráfico 28).

Gráfico 28: Antocianinas (mg de antocianinas/100 g m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 9 dias de armazenamento em câmara fria ( $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ ) seguidos por 2 dias em temperatura ambiente ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) submetidos a três variações de tratamentos



Médias de tratamentos dentro de cada período de armazenamento seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: O autor.

Estes resultados estão de acordo com o observado nos valores de saturação e tonalidade, pois a saturação que determina os níveis de coloração vermelha dos frutos foi inferior para os frutos tratados com hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) e os valores de tonalidade foram superiores, demonstrando a presença da coloração característica sem o avanço do escurecimento da epiderme quando o fruto era submetido ao tratamento em questão.

Carnelossi *et al.* (2019) não encontraram diferenças significativas em mirtilos hidrosfriados e não tratados durante o armazenamento refrigerado, porém, houve uma redução do conteúdo de antocianinas ao longo do armazenamento que foi correlacionada com a degradação do pigmento por ações enzimáticas, que pode ter ocorrido nesta pesquisa por conta da senescência do fruto, que degrada os compostos químicos, principalmente as moléculas bioativas. Alterações na estrutura da epiderme também podem influenciar no conteúdo de antocianinas presente nos tecidos, pois quando há ocorrência de danos mecânicos, ocorre a difusão dos pigmentos através dos tecidos internos, tornando o fruto opaco externamente (GROSS, WANG, SALTVEIT, 2016).

Como observado nos frutos em condição ambiente, houve aumento do conteúdo de antocianinas ao longo do armazenamento que pode estar relacionado com o pH, que também apresentaram acréscimo para o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), isso ocorre, pois, a biossíntese dos pigmentos ou enzimas sintetizadoras é favorecida quando há o aumento do pH, que é capaz de influenciar a coloração da epiderme pela variação entre meio ácido ou básico (ZANG, FURUSAKI, 1997; JACOMINO *et al.*, 2011). Nicolau-lapena *et al.* (2019) observaram que o período de exposição de morangos ao ácido peracético influencia a concentração de pigmentos da epiderme, logo, quanto maior o período de exposição, maior será o acúmulo de pigmentos, e caso a concentração do acidificante for maior que 40 ppm, a concentração do pigmento diminui com o prolongar da imersão.

Os valores obtidos na pesquisa, principalmente para os frutos tratados com hidrosfriamento e algum sanitizante em pós-colheita podem refletir principalmente a ação do agente sanitizante sobre o conteúdo de antocianinas, pois as moléculas de pigmento ou as enzimas que a sintetizam podem ter sido afetadas pelo sanitizante, o que possivelmente influenciou nos resultados obtidos. A concentração e preservação das moléculas de antocianinas também podem ser afetadas por outros fatores como pH, temperatura, intensidade luminosa, disponibilidade de oxigênio, conteúdo de açúcares, estágio de maturação entre outros (NUNES *et al.*, 2006; JIMENEZ-GARCIA *et al.*, 2013; CHAVES, 2014).

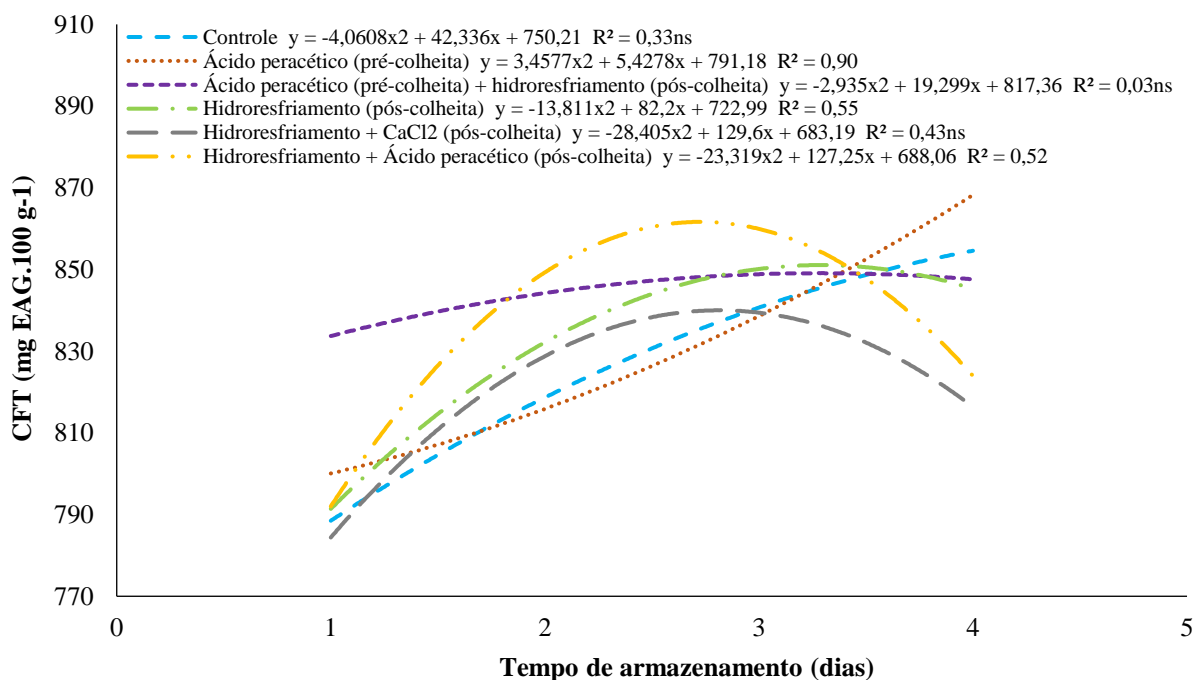


#### 5.14 CONTEÚDO DE FENÓLICOS TOTAIS (CFT)

Foi possível identificar diferença estatística pela análise de regressão e teste F a 5% de significância nos tratamentos ácido peracético (pré-colheita), hidrosfriamento (pós-colheita) e hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita), de modo que apenas estes tratamentos apresentaram um conteúdo de fenólicos totais (CFT) que apresentaram relação entre a variação de compostos fenólicos com o período de armazenamento.

Apenas o tratamento de hidrosfriamento + ácido peracético (pós-colheita) apresentou um comportamento distinto dos demais tratamentos, com um aumento do conteúdo de fenólicos totais e posterior redução até o fim do período de armazenamento, alcançando a maior média após dois dias de armazenamento (849,28 mg EAG.100 g<sup>-1</sup>). Os tratamentos de ácido peracético (pré-colheita) e hidrosfriamento (pós-colheita) apresentaram um aumento contínuo no conteúdo de fenólicos totais à medida que o período de armazenamento se estendia, alcançando as maiores médias de conteúdo de polifenóis após quatro dias de armazenamento em temperatura ambiente, com 868,22 e 845,30 g EAG.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente (Gráfico 29).

Gráfico 29: CFT (mg EAG.100 g<sup>-1</sup>) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20°C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados em nenhum período de armazenagem avaliado pelo teste Tukey a 5% de significância. Abu-Zahra (2017) observou valores levemente superiores aos observados na pesquisa em questão, em média 880 mg /100 g peso fresco, além de uma redução acima de 22% em morangos ‘Arben’ ao longo do armazenamento refrigerado em câmara fria, demonstrando que as condições de armazenamento não possuem influência na conservação dos compostos fenólicos.

Os valores observados nesta pesquisa foram superiores aos relatados por outros autores, isto pode ter ocorrido devido aos métodos de extração, a equivalência definida, características de cultivo e estádios de maturação com valores variando de 80 a 300 mg de conteúdo fenólico total /100 g de peso fresco (CORDENUNSI *et al.*, 2005; NUNES *et al.*, 2006; CARVALHO, 2013; NICOLAU-LAPENA *et al.*, 2019; COMERT, MOGOL, GOKMEN, 2020). Chaves (2014) observou diferenças de até 25% nos valores de compostos fenólicos observados quando extraídos pelas técnicas de quantificação de Folin-Ciocalteu e Fast Blue BB.

Após sete e nove dias de armazenamento refrigerado seguidos de mais dois em temperatura ambiente também não houve diferença estatística pelo teste Tukey a 5% de significância, a média geral de conteúdo de polifenóis totais foi de 849,12 mg EAG.100 g<sup>-1</sup> e 858,17 mg EAG.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Nicolau-Lapena *et al.* (2019) também não observou diferenças ao avaliar morangos tratados ou não com ácido peracético ou hipoclorito de sódio em armazenamento refrigerado.

O comportamento dos compostos fenólicos pode ser influenciado por distintos fatores assim como as características químicas do produto, Nunes *et al.* (2006) e Castrejón *et al.* (2008) observaram que cultivares diferentes e estádios de maturação podem influenciar de maneira distinta a concentração de fenólicos, assim como as condições do local de armazenagem podem possuir uma influência negativa ou positiva sobre essas moléculas.

Os frutos бага, como morango, mirtilos, uvas entre outras, são considerados altamente bioativos e sintetizam compostos fenólicos, ácidos orgânicos e flavonóides em uma concentração mais elevada que as encontradas em outros organismos, que podem variar de acordo com diversos fatores edafoclimáticos e metabólicos, além de influenciar nas características químicas e sensoriais destes produtos (JIMENEZ-GARCIA *et al.*, 2013).

A síntese de compostos fenólicos e seus subprodutos se intensifica quando o organismo se encontra em uma condição de estresse, o tratamento térmico e os sanitizantes aplicados sobre

os frutos podem ter influenciado nas concentrações de compostos fenólicos (CARVALHO, 2013). Por outro lado, o método de condução e as características edafoclimáticas do local de produção podem ter proporcionado aos frutos uma maior condição para a síntese destes compostos bioativos aumentando a capacidade antioxidante dos frutos.

Mesmo com o aumento do conteúdo fenólico ao longo do armazenamento, a concentração das moléculas bioativas ao final do período de avaliação foi ligeiramente superior ao valor inicial, esse comportamento pode refletir uma interferência das condições de armazenamento sob temperatura elevada. Cordenunsi *et al.* (2005) afirmaram que a elevada síntese de polifenóis pode levar o organismo a sintetizar enzimas responsáveis por degradar as moléculas bioativas, ou então os tecidos onde se localizam, além da estabilidade das moléculas serem influenciadas pela temperatura do armazenamento.

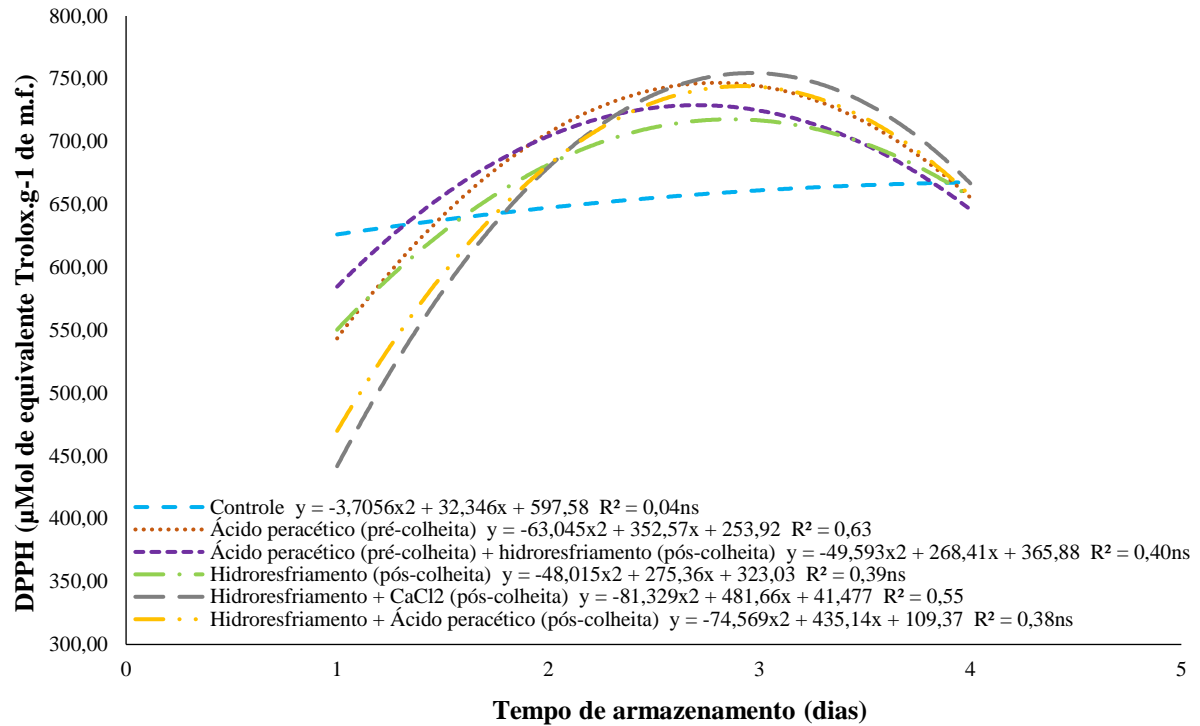
#### 5.15 CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Não houve diferença significativa entre os tratamentos após armazenamento em temperatura ambiente pelo teste SNK a 5% de significância. Estes resultados demonstram que nenhum dos tratamentos foi eficiente em manter as características antioxidantes do fruto. Marçal, Campos e Pintado (2022) observaram que mangas tratadas com ácido peracético não foram capazes de preservar a matéria seca e sua capacidade antioxidante.

Anami (2022) observou valores de atividade antioxidante superiores aos observados para o método DPPH e inferiores para o método ABTS desta pesquisa, apesar disso, identificou um comportamento semelhante em morangos ‘San Andreas’, onde os maiores valores de atividade antioxidante foram observados quando o atraso da submissão dos frutos ao tratamento de hidrosfriamento superou 6 horas.

Os tratamentos que apresentaram diferença significativa pela análise de regressão e teste F a 5% foram os tratamentos de ácido peracético (pré-colheita) e hidrosfriamento +  $\text{CaCl}_2$  (pós-colheita), onde a atividade antioxidante dos frutos após dois e quatro dias não diferiram entre si, mas superaram os valores observados no início do armazenamento (Gráfico 30).

Gráfico 30: DPPH ( $\mu\text{Mol}$  de equivalente Trolox.g<sup>-1</sup> de m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20°C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

Com isso, é possível inferir que as condições de temperatura elevada influenciam negativamente a síntese ou manutenção de moléculas antioxidantes. Nour, Plesoianu e Ionica (2021) também observaram aumento com posterior redução do radical livre DPPH em morangos ‘Malvina’, de modo que o armazenamento e os tratamentos com radiação ultravioleta apresentaram condições ótimas para a redução da atividade do radical livre.

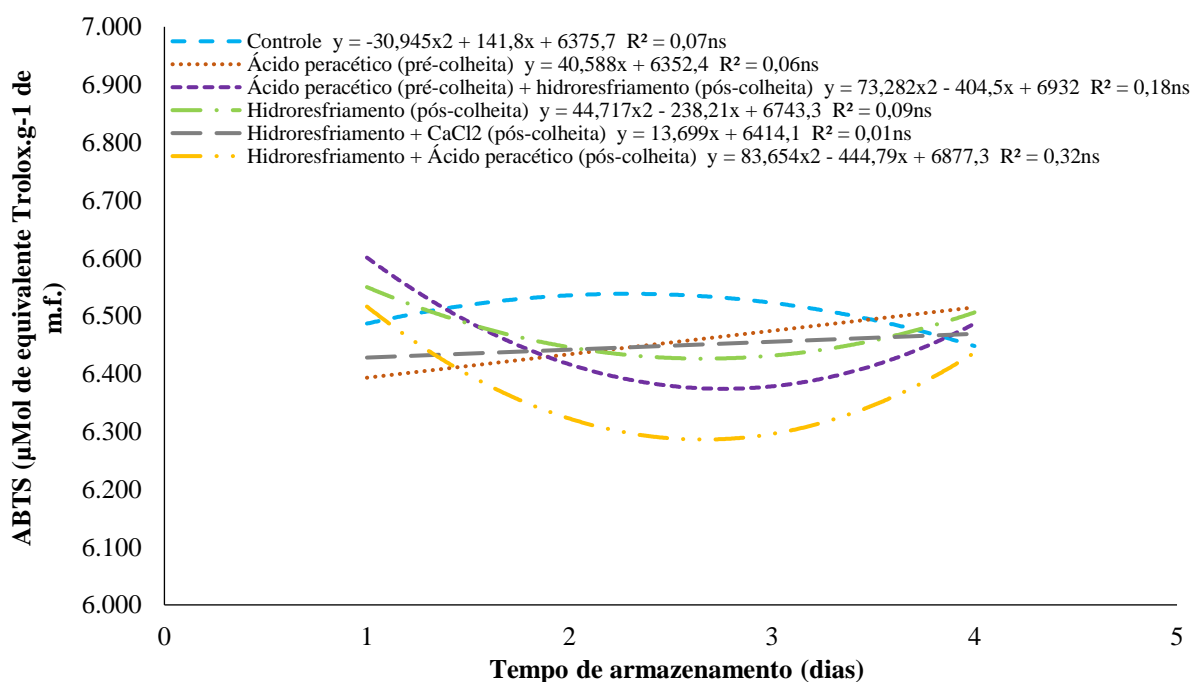
Floegel *et al.* (2011) observaram 520 mg /100 g sendo este um valor próximo ao observado nesta pesquisa para a atividade do radical livre DPPH de morangos, apesar disso, o valor descrito para o radical ABTS foi de 273 mg/ 100 g, muito inferior ao observado no estudo em questão. Apesar disso, o autor relata que a capacidade antioxidante medida pela captura do radical DPPH apresenta valores muito inferiores em relação aos valores observados pela captura do radical ABTS, para frutos esta diferença é menor, porém ainda presente, demonstrando a distinção entre os métodos. Isso ocorre principalmente pois na conformação do radical ABTS existem moléculas de fenóis, expressos como anéis aromáticos, logo, ao estimar a atividade de compostos bioativos, no caso os fenólicos totais ou antocianinas, em frutos como o morango

que possui uma alta capacidade bioativa, sua expressão tende a ser maior pois os receptores fenólicos estão presentes em maior concentração, em comparação a atuação do radical DPPH que utiliza moléculas de ferro como receptor de elétrons (TAKIKAWA, 2014).

Valores próximos aos observados nesta pesquisa foram identificados por Nowicka *et al.* (2019), que relataram uma média de 758,30 e 1584,50  $\mu\text{Mol}$  de equivalente Trolox  $100\text{ g}^{-1}$  de matéria prima DPPH e ABTS, respectivamente, além de apresentar distinção de valores entre cultivares. Carvalho (2013) observou valores de compostos fenólicos totais de 955 a 3.680 mg eq. Trolox. $100\text{g}^{-1}$  para oito cultivares distintas e correlacionou estes valores com as condições de estresse edafoclimáticos, além do comportamento da atividade antioxidante ter apresentado semelhanças com a variação dos compostos fenólicos, isso pois ambos possuem funções de inibir a ação de radicais livres que oxidam compostos celulares.

Nenhum dos tratamentos avaliados após 1, 2 e 4 dias de armazenamento sob temperatura ambiente apresentaram diferença estatística pela análise de regressão da atividade antioxidante medida pelo método ABTS, para cada período foram 6.433,15, 6.476,51 e 6.495,21  $\mu\text{Mol}$  de equivalente Trolox.g-1 de m.f., respectivamente, além de não apresentar diferença entre os tratamentos em nenhum período de armazenagem avaliado (Gráfico 31).

Gráfico 31: ABTS ( $\mu\text{Mol}$  de equivalente Trolox.g-1 de m.f.) de morangos ‘San Andreas’ após 1, 2 e 4 dias armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) submetidos a cinco variações de tratamentos



Fonte: O autor.

O conteúdo e a capacidade antioxidante de frutos e vegetais possuem uma relação direta com sua coloração, logo, os compostos bioativos representados por diferentes pigmentos podem possuir reações distintas com os radicais livres, podendo subestimar a capacidade antioxidante do produto, principalmente em estádios iniciais de maturação (COMERT, MOGOL, GOKMEN, 2020). Chaves (2014) observou que a cultivar 'San Andreas', dentre outras cultivares, foi a que apresentou os maiores valores de radical livre DPPH, demonstrando que geneticamente a cultivar possui uma capacidade antioxidante inferior. Resultados semelhantes foram observados por Skupien e Oszmianski (2004) e Panico *et al.* (2009), que observaram que as condições de cultivo influenciam na concentração de fenólicos e antioxidantes do fruto.

Não foi possível identificar diferença estatística pelo teste Tukey a 5% de significância entre os tratamentos e o controle após sete e nove dias de armazenamento refrigerado + dois em temperatura ambiente, para nenhum dos métodos de captura de radical livre avaliados, os frutos apresentaram valor médio de atividade antioxidante de 629,78 e 692,92  $\mu\text{Mol}$  de equivalente Trolox.g<sup>-1</sup> de m.f. pelo método DPPH e 6.454,92 e 6.150,90  $\mu\text{Mol}$  de equivalente Trolox.g<sup>-1</sup> de m.f. pelo método ABTS. As técnicas de extração podem ter interferido nos resultados obtidos, principalmente para os valores de captura de radical livre ABTS.

Coswosck *et al.* (2020) não observaram diferença entre a aplicação de ácido acético, peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio sobre a capacidade antioxidante ou a composição fenólica de morangos. Nenhuma diferença foi observada por Nicolau-Lapena *et al.* (2019) que avaliaram diferentes concentrações de ácido peracético e hipoclorito de sódio em morangos, observaram um valor médio de 138,04 mg ácido ascórbico equivalente/100 g peso fresco.

## 6 CONCLUSÃO

Os tratamentos que prolongaram a vida útil dos frutos foram aqueles a base de hidrosfriamento associado ou não ao ácido peracético, capazes de manter a qualidade dos frutos por até quatro dias em temperatura ambiente e sete dias em câmara fria mais dois dias sob temperatura ambiente.

Associar diferentes técnicas de tratamento em pós-colheita pode reduzir a incidência de patógenos e a degradação do fruto pela manutenção das características físico-químicas do morango, seja em condição de refrigeração ou na ausência dela.

O hidrosfriamento pode causar alterações na epiderme pela alta sensibilidade dos morangos, apesar das alterações de coloração decorrentes do tratamento, sem causar efeitos negativos sobre a composição bioativa e o escurecimento externo da epiderme dos frutos.

Manter frutos hidrosfriados em câmara fria promove a manutenção de suas características físico-químicas, por reduzir a degradação do morango apesar das leves alterações externas, e em condição ambiente apresentam maior frescor pois a disponibilização de água e o resfriamento rápido após a colheita evita maiores perdas por transpiração.

Considerando que a infecção patogênica é a maior causa de perdas na pós-colheita, a aplicação do tratamento térmico por hidrosfriamento + ácido peracético na pós-colheita reduz a incidência de patógenos sobre os morangos durante o armazenamento, o que torna este método benéfico para os produtores e consumidores por prolongar a vida de prateleira.

## REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS. Dados de exportação. 2021. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2022/02/dados-de-exportacao-em-2021/>. Acesso em: 03 jul. 2021.
- ABRAFRUTAS. Dados de exportação. 2022. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2022/05/dados-de-exportacao-do-primeiro-trimestre-de-2022/>. Acesso em: 06 jun. 2022.
- ABU-ZAHRA, T. R. Effect of Cold Storage and Modified Atmosphere Packaging on Strawberry (*Fragaria X Ananassa* Duch.) cv. “Arben” Fruit Keeping Quality. **Biosciences Biotechnology Research Asia**, v. 14, n. 4, p. 1251-1258, 2017.
- AGYARE, S.; MAGAN, N.; XU, X. Conditions for infection of strawberry fruit by *M. piriformis* and *Rhizopus* spp. **European Journal of Plant Pathology**, v.157, p. 65–75, 2020.
- ALCÂNTARA, E.M. de. **Caracterização física, química e microbiológica de morango, alface e cenoura orgânicos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- ALCÉO, R.; ALMEIDA, D. P. Evolução da qualidade e causas de perdas de morango a diferentes temperaturas: implicações para retalhistas e consumidores. **Actas Portuguesas de Horticultura**, n. 26, p. 279-287, 2016.
- AMAL, S. A.; EL-MOGY, M. M.; ABOUL-ANEAN, H. E.; ALSANIUS, B. W. Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, v. 2, n. 3, p. 88-97, 2010.
- ANAMI, J. M. **Impacto do retardo do resfriamento na manutenção da qualidade de morangos ‘San Andreas’**. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019.
- ANAMI, J. M.; STEFFENS, C. A.; FERNANDES, R. C.; FREITAS, D. C. L.; MOSQUERA, D. J. C.; AMARANTE, C. V. T. D. Impacto do retardo do resfriamento na manutenção da qualidade de morangos ‘San Andreas’. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 25, 2022.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; GUIMARÃES, A. G.; AZEVEDO, A. M.; PINTO, N. A.; FERREIRA, M. A. Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, ed. 34, p. 405-411, 2016.
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JÚNIOR, C. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário Campo & Negócios HF**, v. 37, p. 88-92, 2020. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122535>. Acesso em: 06 jul. 2021.
- ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. dos. A cultura do morango. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica (Coleção Plantar, 68)**, e. 2, p. 52, 2011.
- ANTUNES, L. E. C.; FAGHERAZZI, A. F.; VIGNOLO, G. K. Morango tem produção crescente. **Campo & Lavoura, Anuário HF**, n. 1, p. 96-102, 2017.
- ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Alterações de compostos fenólicos e pectina em pós-colheita de frutos de amora-preta. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 1, p. 57-61, 2006.
- ANTUNES, L. E. C.; REISSER JUNIOR, C.; SCHWENGBER, José Ernani. Morangueiro. Brasília, DF: **Embrapa; Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2016.



Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092843>. Acesso em: 06 jun. 2021.

ANTUNES, M. C. C. **Qualidade de frutos de seis cultivares de morangueiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ANTUNES, M. C.; CUQUEL, F. L.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MOGOR, A. F.; RESENDE, J. T. V. Post-harvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 168-173, 2014.

ANVISA. **Programa de Análises de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA**. Relatório das amostras analisadas no período de 2017-2018. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>.

ANVISA. Regulação de produtos - **Alimentos. Instrução normativa conjunta N° 9**, de 12 de novembro de 2002. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=14/11/2002&jornal=1&pagina=30&totalArquivos=184>. Acesso em: 06 jul. 2021.

AROUCHA, E. M. M.; DE GOIS, V. A.; DE LIMA LEITE, R. H.; SANTOS, M. C. A.; DE SOUSA, M. S. Acidez em frutas e hortaliças. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 32, 2010.

ASAO, T.; ASADUZZAMAN, M.D. Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality. **IntechOpen**: London, UK, 2019.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Systems and applications. Methods of precooling of fruits, vegetables and flowers. **Atlanta**, cap.10, p. 1-10, 1994.

AYUB, R. A.; REIS, L.; LOPES, P. Z.; BOSETTO, L. Ethylene and brassinosteroid effect on strawberry ripening after field spray. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, 2018.

BAKKER, J.; BRIDLE, P.; KOOPMAN, A. Strawberry juice colour: the effect of some processing variables on the stability of anthocyanins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 60, n. 4, p. 471-476, 1992.

BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. Hydrocooling time estimation methods. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 29, n. 2, p. 165-174, 2002.

BECKER, M. M.; NUNES, G. S.; RIBEIRO, D. B.; SILVA, F. E.; CATANANTE, G.; MARTY, J. L. Determination of the antioxidant capacity of red fruits by miniaturized spectrophotometry assays. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, p. 1108-1114, 2019.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**, v.1, e.3, São Paulo - SP: Agronômica Ceres Ltda, 1995.

BIAZOTTO, A. dos M. **Desenvolvimento de partículas contendo óleos essenciais de eucalipto para o controle de Rhizopus stolonifer em morango (Fragaria sp.)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

BOKHARY, S. U. F.; WANG, L.; ZHENG, Y.; JIN, P. Pre-storage hot water treatment enhances chilling tolerance of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) squash by regulating arginine metabolism. **Postharvest Biology and Technology**, v. 166, p. 111229, 2020.

BORDIGNON JR, C. L.; FRANCESCATTO, V.; NIENOW, A. A.; CALVETE, E.; REGINATTO, F. H. Influence of the extraction solution pH on the content of anthocyanins in strawberry fruits. **Food Science and Technology**, v. 29, p.183-188, 2019.

BORTOLOZZO, A. R.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; DE MELO, G. W. B.; KOVALESKI, A.; BERNARDI, J.; HOFFMANN, A.; PINENT, S. M. J. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. Bento Gonçalves - RS: Embrapa Uva e Vinho, p. 24, (**Embrapa-Uva e Vinho. Circular Técnica, 62**), 2007. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/541435/1/cir062.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2021.

BOTTON, M.; FORTES, J. F.; AMARO, M.; WEIHMANN, C. R.; GEBLER, L.; PAGOT, E.; SANHUEZA, R. M. V.; REISSER JUNIOR, C.; MELO, G. W. de; AMARANTE, C. V. T. do; SANTOS, H. P. dos; BERNARDI, J.; SIMON, N.; HOFFMANN, A.; FREIRE, J. de M.; ANTUNES, L. E. C.; UENO, B.; RÜCKER, P. A.; MENEGUZZO, A.; PAGNON, H. A.; MONEGAT, V.; GRASSIANI, M. A.; CALEGARIO, F. F.; DIDONÉ, T.; VARGAS, L.; RECH, V. J.; BLAUTH, L.; PASA, J.; BENDER, R. J.; PALOMBINI, M. C.; BORTOLOZZO, A. R.; CONTE, A.; PAIVA, M.; COUTINHO, E. F.; NICKEL, O.; CALGARO, A.; PROTAS, J. F. da. Sistema de produção de morango para mesa na região da Serra Gaúcha e Encosta Superior do Nordeste. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, (**Embrapa Uva e Vinho. Sistemas de produção, 6**), 2005.

BRACKMANN, A.; FEITAS, S.; MELLO, A.; NEUWALD, D. Efeito da temperatura de armazenamento sobre a qualidade do morango cultivar 'Oso Grande'. **Current Agricultural Science and Technology**, ed. 8, p. 2, 2002.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; WACLAWOVSKY, A. J.; DONAZZOLO, J. Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria ananassa* L.) sob elevadas pressões parciais de CO<sub>2</sub>. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 7, n. 1, 2001.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil bate recorde histórico com mais de US\$ 1,21 bilhão em exportação de frutas em 2021**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-historico-com-mais-de-us-1-21-bilhao-em-exportacao-de-frutas-em-2021>. Acesso em: 21 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pesquisa desenvolve embalagens anatômicas para frutas**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/10847708/pesquisa-desenvolve-embalagens-anatomicas-para-frutas>. Acesso em: 16 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa Nº 37**, e. 194, s. 1, p. 28, 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304988/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37#wrapper](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304988/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37#wrapper) Acesso em: 09 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Economia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. **Número de estabelecimentos agropecuários com horticultura, Quantidade produzida na horticultura, Quantidade vendida de produtos da horticultura, Valor da produção da horticultura e Valor da venda de produtos da horticultura, por tipologia, produtos da horticultura e grupos de área total.** Sidra. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6954>

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Anthocyanins as natural food colours - selected aspects. **Food chemistry**, v. 58, n. 1-2, p. 103-109, 1997.

BUENO, J. M.; SÁEZ-PLAZA, P.; RAMOS-ESCUADERO, F.; JIMÉNEZ, A. M.; FETT, R.; ASUERO, A. G. Analysis and Antioxidant Capacity of Anthocyanin Pigments. Part II: Chemical Structure, Color, and Intake of Anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 42, n. 2, p. 126-151, 2012.

BURICOVA, L.; ANDJELKOVIC, M.; CERMAKOVA, A.; REBLOVA, Z.; JURCEK, O.; KOLEHMAINEN, K.; VERHE, R.; KVASNICKA, R. Antioxidant capacities and antioxidants of strawberry, blackberry and raspberry leaves. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 29, n. 2, p. 181-189, 2011.

CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J. T. V. D.; CAMARGO, C. K.; KURCHAIDT, S. M.; RESENDE, N. C. V.; BOTELHO, R. V. Post-harvest characterization of strawberry hybrids obtained from the crossing between commercial cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, p. 1-4, 2018.

CAMPOS, A. D.; SILVEIRA, E. M da L. **Metodologia para determinação da peroxidase e da polifenol oxidase em plantas.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 3, (Comunicado Técnico, 87), 2003.

CANTILLANO, R. F. F. Fisiologia e manejo na colheita e pós-colheita de morangos. **Simpósio Nacional do Morango**, v. 2, p. 146-161, 2004.

CANTILLANO, R. F.; VIZZOTTO M.; BOTTON, M.; ANTUNES, L. E. C.; SCHWENGBER, J. E.; MADAIL, J. C. M.; NAVA, D. E.; UENO, B.; KROLOW, A. C. R. **Árvore do Conhecimento - Morango.** Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec): Embrapa Clima Temperado. Pelotas. 2012. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/morango/arvore/CONT000fmxotm4c02wyiv8065610dgwj2nni.html>.

CARNELOSSI, M. A.; SENA, E. O.; BERRY, A. D.; SARGENT, S. A. Effect of forced-air cooling, hydrocooling, or their combination on fruit quality of two southern highbush blueberry cultivars. **HortScience**, v. 54, n. 1, p. 136-142, 2019.

CARPENEDO, S.; ANTUNES, L. E.; TREPTOW, R. O. Caracterização sensorial de morangos cultivados na região de Pelotas. **Horticultura Brasileira**, ed. 34, p. 565-570, 2016.

CARVALHO, S. F. D. **Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morangueiro nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS.** 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

CASTILLO PIZARRO, C. A. **Avaliação de morangos submetidos a resfriamento rápido e armazenamento em diferentes embalagens e temperaturas.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

CASTREJÓN, A. D. R.; EICHHOLZ, I.; ROHN, S.; KROH, L. W.; HUYSKENS-KEIL, S. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. **Food Chemistry**, v. 109, n. 3, p. 564-572, 2008.

CAVALINI, F. C. **Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de goiabas 'Kumagai' e 'Pedro Sato'**. 2008. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba 2008.

CENCI, S. A. Boas práticas de pós-colheita de frutas e hortaliças na agricultura familiar. **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar**, v. 1, p. 67-80, 2006.

CHAVES, V. C. **Teor de antocianinas, compostos fenólicos e capacidade de captação de radicais livres de frutos de cultivares de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

CHEN, F.; LIU, H.; YANG, H.; LAI, S.; CHENG, X.; XIN, Y.; DENG, Y. Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.) under calcium chloride treatment. **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 450-459, 2011.

CHEPNGENO, J. **Evaluating the performance of low cost hydro-cooling system and calcium chloride application in maintaining postharvest quality of selected vegetables**. 2015. (Doctoral dissertation) Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Juja, Kiambu, 2015.

CHEPNGENO, J.; OWINO, W. O.; KINYURU, J.; NENGUWO, N. Effect of calcium chloride and hydrocooling on postharvest quality of selected vegetables. **Journal of Food Research**, v. 5, n. 2, 2016.

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

CHO, S. Y.; PARK, J. W.; RHEE, C. Properties of laminated films from whey powder and sodium caseinate mixtures and zein layers. **LWT-Food Science and Technology**, v. 35, n.2, p. 135-139, 2002.

CNA. **Balanco 2019 e perspectivas 2020**. Brasília: CNA, 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/paginas-especiais/balanco-2019-e-perspectivas-2020>. Acesso em: 03 jul. 2021.

COCCO, C. **Qualidade Fisiológica das Mudanças na Produção de Frutas do Morangueiro**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

COCCO, C., GONÇALVES, M. A.; FERREIRA, L. V.; VIGNOLO, G. K.; CARVALHO, S. F.; ANTUNES, L. E. C. **Produção de cultivares de morangueiro de dias-curtos na região de Pelotas-RS**. In: Encontro de Pós-graduação UFPel, 13, 2011, Pelotas. Anais. Pelotas: UFPel, 2011.

COMERT, E. D.; MOGOL, B. A.; GOKMEN, V. Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. **Current Research in Food Science**, v. 2. p. 1-10, 2020.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Comparação de caracteres morfológicos e agronômicos com moleculares em morangueiros cultivados no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 419-423, 2002.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. Produção e qualidade de frutos de diferentes cultivares de morangueiro em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 10-17, 2002.

CORDENUNSI, B. R.; GENOVESE, M. I.; DO NASCIMENTO, J. R. O.; HASSIMOTTO, N. M. A.; DOS SANTOS, R. J.; LAJOLO, F. M. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. **Food chemistry**, v. 91, n. 1, p. 113-121, 2005.

CORDENUNSI, B. R.; OLIVEIRA DO NASCIMENTO, J. R.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 9, p. 2581-2586, 2002.

COSTA, F. B. D. **Fisiologia e conservação de cultivares de morangos inteiros e minimamente processados**. 2009. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

COSWOSCK, K. H. C.; GIORGETTE, M. A.; LEPAUS, B. M.; SILVA, E. M. M. D.; SENA, G. G. S.; AZEVEDO, M. C. D. A.; SÃO JOSÉ, J. F. B. D. Impact of alternative sanitizers on the physicochemical quality, chlorophyll content and bioactive compounds of fresh vegetables. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 328-334, 2020.

CUNHA JÚNIOR, L. C. **Atmosfera controlada na conservação de morango**. 2001. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2011.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; JACOMINO, A. P.; OGASSAVARA, F. O.; TREVISAN, M. J.; PARISI, M. Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO<sub>2</sub>. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 688-694, 2012.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; SCARPARE FILHO, J. A. Altas concentrações de oxigênio favorecem a conservação de morango ‘Oso Grande’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 1074-1083, 2011.

DA GRAÇA, G. A.; DE JESUS DANTAS, S.; DE ASSUNÇÃO, D. A.; PIMENTA, L. R.; FONTES, P. T. N.; MATOS, P. N.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; CARNELOSSI, M. A. G. Cloreto de cálcio e radiação ultravioleta na conservação pós-colheita do tomate. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, 2021.

DA SILVA DANTAS, E.; REBOUÇAS, T. N. H.; LUZ, J. M. Q.; AMARAL, C. L. F. Frutos de cultivares de morangueiros submetidos ao 1-mcp em temperatura refrigerada. **Scientia Plena**, v. 13, n. 9, 2017.

DA SILVEIRA, A. C.; KASSUIA, Y. S.; DOMAHOVSKI, R. C.; LAZZAROTTO, M. **Método de DPPH adaptado: uma ferramenta para analisar atividade antioxidante de polpa de frutos da erva-mate de forma rápida e reprodutível**. Colombo – PR: Embrapa Florestas, p. 11, (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico 421), 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1101294/metodo-de-dpph-adaptado-uma-ferramenta-para-analisar-atividade-antioxidante-de-polpa-de-frutos-da-erva-mate-de-forma-rapida-e-reprodutivel>.

DE ALCÂNTARA, E. M. **Caracterização física, química e microbiológica de morango. Alface e cenoura orgânicos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

DE ARAUJO, A. L. R. **Suplementação de silício e cálcio na produção e qualidade pós-colheita de morango**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

DE CARVALHO, S. F.; COCCO, C.; PICOLOTTO, L.; FERREIRA, L.; GONÇALVES, M.; ANTUNES, L. **Produtividade de cultivares de morangueiro de dia neutro na região de Pelotas-RS**. In: Encontro de Pós-graduação UFPel, Pelotas. Anais. Pelotas: UFPel, 2011.

DE CARVALHO, S. F.; COSTA, S. I.; HOHN, D.; DE PAULA, G. F.; FLORES CANTILLANO, R. F.; ANTUNES, L. Armazenamento refrigerado de morangos cultivar San Andreas. **IV Encontro de Iniciação Científica e Pós-graduação da Embrapa Clima Temperado**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, 2012.

DE MELO, I. S. **Árvore do Conhecimento - Agricultura e Meio Ambiente - Morango**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec): Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna. 2009. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura\\_e\\_meio\\_ambiente/arvore/CONTAG01\\_52\\_210200792814.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_52_210200792814.html). Acesso em: 09 jul. 2021.

DE MIRANDA, E. E. Potência agrícola e ambiental: áreas cultivadas no Brasil e no mundo. Embrapa Territorial-Artigo em periódico indexado (ALICE), **Agroanalysis**, São Paulo, SP, v. 38, n. 2, fev. p. 25-27, 2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1089331>.

DE MORAES, I. V. M.; CENCI, S. A.; BENEDETTI, B. C.; MAMEDE, A. M. G. N.; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. Características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 274-281, 2008.

DE MORAES, R. S. **Caracterização da produção de morangos em Cachoeira do Sul - RS**. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, 2019.

DE OLIVEIRA FRANCO, E.; ULIANA, C.; LIMA, C. S. M. Características físicas e químicas de morango 'San Andreas' submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de plantio e meses de avaliação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, p. 115-120, 2017.

DE OLIVEIRA, A. C. B.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 21-26, 2012.

DE OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B. Produção de morangueiro cv. "Cegnidarem" sob túnel plástico. **Ciência Rural**, Pelotas, RS, v. 38, p. 2613-2617, 2008.

DE OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B. Desempenho produtivo de cultivares de morangueiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 69-74, 2011.

DO NASCIMENTO NUNES, M. C. Impact of environmental conditions on fruit and vegetable quality. **Stewart Postharvest Review**, v. 4, n. 4, p. 1-14, 2008.

DORNEMANN, G. M. **Comparação de métodos para determinação de açúcares redutores e não-redutores**. 2016. TCC (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

DOS SANTOS, A. N.; COELHO, B. E. S.; GALVÃO, L. C.; TORRES, G. S.; NETO, A. F.; DOS SANTOS, I. H. Caracterização física e físico-química de morangos San Andreas produzidos sob sistemas orgânico e convencional. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 3, p. 379-388, 2020.

DOVING, A.; MAGE, F.; VESTRHEIM, S. Methods for testing strawberry fruit firmness: a review. **Small Fruits Review**, v. 4, n. 2, p. 11-34, 2005.

DOWLING, M. E.; HU, M. J.; SCHNABEL, G. Identification and characterization of *Botrytis fragariae* isolates on strawberry in the United States. **Plant disease**, v. 101, n. 10, p. 1769-1773, 2017.

EL-MOUGY, N. S.; EL-GAMAL, N.; ABDALLA, M. The use of fungicide alternatives for controlling postharvest decay of strawberry and orange fruits. **Journal of plant protection research**. v. 48, n. 3, 2008

EL-RAMADY, H. R.; DOMOKOS-SZABOLCSY, É.; ABDALLA, N. A.; TAHA, H. S.; FÁRI, M. Postharvest management of fruits and vegetables storage. In: Sustainable agriculture reviews. **Springer, Cham**, v. 15, p. 65-152, 2015.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Agricultura Protegida - Cooperação prevê avanços tecnológicos no cultivo protegido de hortaliças**. Fasciculus de periódicos. Brasília, DF, a. 4, n. 17, 2015.

FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; CHALFUN JUNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: reguladores vegetais**. Andrei, Piracicaba, São Paulo, p. 300, 2015.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production quantities of Strawberries by country**. 2020.

FENG, C.; WANG, J.; HARRIS, A. J.; FOLTA, K. M.; ZHAO, M.; KANG, M. Tracing the diploid ancestry of the cultivated octoploid strawberry. **Molecular Biology and Evolution**, v. 38, n. 2, p. 478-485, 2021.

FERNANDES, G. R. **Sanitizantes alternativos na qualidade microbiológica, química e física de morangos (*Fragaria x ananassa* Duch) minimamente processados**. Tese 2013. (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

FERREIRA, A. L. **Extração e Quantificação de Antocianina em Fruta e Polpa de Morango**. Programa de Iniciação Científica – PIC (Química). Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA / Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, São Paulo, Assis, p. 44, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V. de; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 664-674, 2010.

FERREIRA, J.; SILVA, P. D. D.; PIRES, L. C.; GASPAR, P. D.; NUNES, J. Efficient cooling at post-harvest phase: a comparative study between air-cooling and hydro-cooling

processes, **AGRO 2018-International Congress on Organizational Management, Energy Efficiency and Occupational Health and Safety in Agrifood Industry**. CEI, Castelo Branco, Portugal, 2018.

FERREIRA, M. D.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; ARACENA, J. J. Physiological responses of strawberry to film wrapping and precooling methods. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 107, p. 265-268, 1994.

FERREIRA, M. D.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; CHANDLER, C. K. Hydrocooling as an alternative to forced-air cooling for maintaining fresh-market strawberry quality. **HortTechnology**, v. 16, n. 4, p. 659-666, 2006.

FIERASCU, R. C.; TEMOCICO, G.; FIERASCU, I.; ORTAN, A.; BABEANU, N. E. *Fragaria* genus: Chemical composition and biological activities. **Molecules**, v. 25, n. 3, p. 498, 2020.

FLOEGEL, A.; KIM, D. O.; CHUNG, S. J.; KOO, S. I.; CHUN, O. K. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. **Journal of food composition and analysis**, v. 24, n. 7, p. 1043-1048, 2011.

FLORES CANTILLANO, R. F. **Cuidados na conservação do morango**. Artigo em Hipertexto. Infobibos - Informações tecnológicas, 2010. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_1/morango/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/morango/index.htm). Acesso em: 07 jun. 2022.

FLORES CANTILLANO, R. F.; CASTAÑEDA, L. M. F.; TREPTOW, R. D. O.; SCHUNEMANN, A. P. P. **Qualidade físico-química e sensorial de cultivares de morango durante o armazenamento refrigerado**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 29, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 75), 2008.

FLORES CANTILLANO, R. F.; DA SILVA, M. M. **Manuseio pós-colheita de morangos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 36, (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 318), 2010.

FRANÇOSO, I. L. T.; COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Physical-chemical alterations in irradiated and stored strawberries (*Fragaria ananassa* Duch.). **Food Science and Technology**, v. 28, n. 3, p. 614-619, 2008.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P. D.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2291-2295, 2013.

GARCÍA, J. M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 1, p. 30-33, 1996.

GARCÍA, J. M.; MEDINA, R. J.; OLÍAS, J. M. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 6, p. 1037-1041, 2005.

GARRIDO, C.; CARBÚ, M.; FERNÁNDEZ-ACERO, F. J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, V. E.; CANTORAL, J. M. New insights in the study of strawberry fungal pathogens. **Genes Genomes Genomics**, v. 5, n. 1, p. 24-39, 2011.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; QUILES, J. L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 9-19, 2012.

GIMENÉZ, G.; ANDRIOLO, J. L.; GODOI, R. S. Cultivos sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, vol.38, n. 1, p. 273-279, 2008.



- GOMES, M. M. D. A. **Revestimento de frutas e hortaliças como forma de conservação pós-colheita: uma revisão sobre a cultura do morango**. 2022. TCC (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022.
- GONÇALVES, E. D.; PIMENTEL, R. D. A.; LIMA, L. D. O.; CASTRICINI, A.; ZAMBON, C. R.; ANTUNES, L. E. C.; TREVISAN, R. Manutenção da qualidade pós-colheita das pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p. 89-95, 2012.
- GROSS, K. C.; WANG, C. Y., SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. **Agriculture Handbook**, ed. 66, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC. 2016.
- GUIMARÃES, A. G.; DE OLIVEIRA, C. M.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. D. Qualidade físicas e químicas de morango passa em diferentes embalagens. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 22, n. 4, p. 306-316, 2014.
- GUIMARÃES, L. N.; LIMA, P. C. C.; FINGER, F. L. Quality and physiological changes of basil after hydrocooling and storage in two temperatures. **Agrarian**, v. 11, n. 41, p. 285-293, 2018.
- GUNDUZ, K.; OZBAY, H. The effects of genotype and altitude of the growing location on physical, chemical, and phytochemical properties of strawberry. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 42, n. 3, p. 145-153, 2018.
- HANCOCK, J. F.; LAVÍN, A.; RETAMALES, J. B. Our Southern strawberry heritage: *Fragaria chiloensis* of Chile. **Hortscience**, v. 34, n. 5, p. 814-816, 1999.
- HARBORNE, J. B. The chromatographic identification of anthocyanin pigments. **Journal of Chromatography A**, v. 1, p. 473-488, 1958.
- HIKAWA-ENDO, M. Improvement in the shelf-life of Japanese strawberry fruits by breeding and post-harvest techniques. **The Horticulture Journal**, v. 89, n. 2, p. 115-123, 2020.
- HOFFMANN, T. G.; RONZONI, A. F.; DA SILVA, D. L.; BERTOLI, S. L.; DE SOUZA, C. K. Cooling kinetics and mass transfer in postharvest preservation of fresh fruits and vegetables under refrigerated conditions. **Chemical Engineering Transactions**, v. 87, p. 115-120, 2021.
- HUSANI, AM. M.; MERCADO, J. A. Genomics, Transgenics, Molecular Breeding and Biotechnology of Strawberry. **Global Science Books**, v. 5, p. 131, 2011.
- IKEGAYA, A.; TOYOIZUMI, T.; OHBA, S.; NAKAJIMA, T.; KAWATA, T.; ITO, S.; ARAI, E. Effects of distribution of sugars and organic acids on the taste of strawberries. **Food science & nutrition**, v. 7, n. 7, p. 2419-2426, 2019.
- JACOMINO, A. P.; SARGENT, S. A.; BERRY, A. D.; BRECHT, J. K. Potential for grading, sanitizing, and hydrocooling fresh strawberries. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 124, p. 221-226, 2011.
- JIMENEZ-GARCIA, S. N.; GUEVARA-GONZALEZ, R. G.; MIRANDA-LOPEZ, R.; FERREGRINO-PEREZ, A. A.; TORRES-PACHECO, I.; VAZQUEZ-CRUZ, M. A. Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: Biochemistry, biotechnology, and genomics. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 1195-1207, 2013.
- JING, W.; TU, K.; SHAO, X. F.; SU, Z. P.; ZHAO, Y.; WANG, S.; TANG, J. Effect of postharvest short hot water rinsing and brushing treatment on decay and quality of strawberry fruit. **Journal of Food Quality**, v. 33, p. 262-272, 2010.

- JOSÉ, J. F. B. de S. **Sanitização por ultrassom e agentes químicos no processamento mínimo de hortaliças**. 2009. Dissertação (Mestrado em Biologia molecular) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- JUNIOR, L. C. C.; MORGADO, C. M. A.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; PARISI, M. C. M.; DOS REIS NASCIMENTO, A. Embalagem alternativa para cadeia produtiva de morango. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 342-352, 2017.
- KANG, D. I.; HU, J.; LI, Y.; JEONG, B. R. Growth, Productivity, and Quality of Strawberry as Affected by Propagation Method and Cultivation System. **Protected Horticulture and Plant Factory**, v. 29, n. 4, p. 326-336, 2020.
- KHOSHNEVISAN, B.; RAFIEE, S.; MOUSAZADEH, H. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. **European Journal of Agronomy**, v. 50, p. 29-37, 2013.
- KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas. São Paulo - SP: **Agronômica Ceres**, e. 4, v. 2, p. 663, 2005.
- KIRMANI, S. N.; WANI, G. M.; WANI, M. S.; GHANI, M. Y.; ABID, M.; MUZAMIL, S.; RAJA, H.; MALIK, A. R. Effect of preharvest application of calcium chloride (CaCl<sub>2</sub>), gibberlic acid (GA3) and naphthelenic acetic acid (NAA) on storage of plum (*Prunus salicina* L.), cv. Santa Rosa, under ambient storage conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 9, p. 812-818, 2013.
- KUMAR, R.; ANTIL, R. S.; ALI, A. Effect of packaging material and postharvest calcium treatment on weight loss, decay and biochemical quality of strawberry fruits during storage. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 13, n. 4, p. 1158-1165, 2021.
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicação de diversos métodos químicos para determinar atividade antioxidante em polpa de frutas. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.
- LELIÈVRE, J. M.; LATCHÈ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia plantarum**, v. 101, n. 4, p. 727-739, 1997.
- LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em foco**, v. 10, n. 1, p. 51-61, 2018.
- LETÉLIER, L.; GAETE-EASTMAN, C.; PEÑAILILLO, P.; MOYA-LEÓN, M. A.; HERRERA, R. Southern species from the biodiversity hotspot of central Chile: A source of color, aroma, and metabolites for global agriculture and food industry in a scenario of climate change. **Frontiers in plant science**, v. 11, p. 1002, 2020.
- LI, X.; FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D.; CHAI, W.; WANG, F.; SCHNABEL, G. Identification and prevalence of *Botrytis* spp. from blackberry and strawberry fields of the Carolinas. **Plant Disease**, v. 96, n.11, p. 1634-1637, 2012.
- LIMA, G. P. P., GOUVEIA, AL. M. de S. Método de atividade antioxidante - ABTS. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Química e Bioquímica, Botucatu – SP, p. 4, 2018.
- LIMA, M. A. C. D; ALVES, R. E.; ASSIS, J. S. D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A. Aparência, compostos fenólicos e enzimas oxidativas em uva 'Itália' sob influência do cálcio e do armazenamento refrigerado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 39-43, 2002.

- LIMA, M. A. Qualidade e segurança do morango produzido nos sistemas: convencional, orgânico e produção integrada. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 4, p. 47-57, 2015.
- LOPES, H. D.; ALVES, R. T.; SOARES, J. R. R.; OLIVEIRA, N. de M. P. **A cultura do morangueiro no Distrito Federal**. e. 2, p. 90. Brasília: EMATER-DF, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/91>.
- LOPES, T. J. **Adsorção de antocianinas de repolho-roxo em argila**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- LOPES, T.; XAVIER, M.; QUADRI, M. G.; QUADRI, M. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 13, n. 3, 2007.
- LR2. **ÁCIDO PERACÉTICO**, 2019. Disponível em: <http://lrdois.com.br/site/produto/ácido-peracético/>.
- MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 185-189, 2006.
- MANDUJANO, M.; DENNIS, F. G.; GUYER, D. E.; TIMM, E.; BROWN, G. K. Soft Sour Cherries - What's the Problem?. **HortScience**, v. 30, n. 4, p. 786, 1995.
- MARÇAL, S.; CAMPOS, D. A.; PINTADO, M. Washing with sodium hypochlorite or peracetic acid: Its impact on microbiological quality, phytochemical composition and antioxidant activity of mango peels. **Food Control**, v. 139, 2022.
- MARI, M.; CEMBALI, T.; BARALDI, E.; CASALINI, L. Peracetic acid and chlorine dioxide for postharvest control of *Monilinia laxa* in stone fruits. **Plant disease**, v. 83, n. 8, p. 773-776, 1999.
- MARK, A. Microbial safety concerns of berry fruit. In: ZAHO, Y. *Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion*. Boca Raton, FL, USA: **CRC Press**, p. 32, 2007.
- MARQUES, E. L. **Comportamento de cultivares de morango em Tangará da Serra - MT**. 2009. Monografia (Graduação) - Faculdade de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra, 2009.
- MARQUES, F. C. **Metodologia TRIZ Aplicada ao Desenvolvimento de uma Estufa "inteligente" Energeticamente Sustentável**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2017.
- MATHEW, E. N.; MUYYARIKKANDY, M. S.; BEDELL, C.; AMALARADJOU, M. A. Efficacy of chlorine, chlorine dioxide, and peroxyacetic acid in reducing *Salmonella* contamination in wash water and on mangoes under simulated mango packinghouse washing operations. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 2, n. 18, 2018.
- 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.
- MERCIER, S.; BRECHT, J. K.; UYSAL, I. Commercial forced-air precooling of strawberries: A temperature distribution and correlation study. **Journal of Food Engineering**, v. 242, p. 47-54, 2019.

MERCOSUL. **Regulamento técnico Mercosul de identidade e qualidade do morango (Revogação da Resolução GMC N° 85/96)**. Brasília, 2019. Disponível em: [http://abiam.com.br/wp-content/uploads/2020/01/AGRE11\\_PIQ\\_Morango.pdf](http://abiam.com.br/wp-content/uploads/2020/01/AGRE11_PIQ_Morango.pdf). Acesso em: 09 jul. 2021.

MILICEVIC, T.; IVIC, D.; CVJETKOVIC, B.; DURALIJA, B. Possibilities of Strawberry Integrated Disease Management in Different Cultivation System. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 71, n. 4, p. 129-134, 2006.

MINOLTA, K. Precise color communication. Kónica Minolta Sensing. **Inc. Japan**, 2007.

MOHSENIN, Nuri N. Thermal properties of foods and agricultural materials. **CRC Press**, p. 408, 1980.

MORAES, S.A de. **Quantificação de doenças de plantas**. 2007. Artigo em Hipertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/doencas/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/doencas/index.htm). Acesso em: 21 jul. 2021.

MORALES-QUINTANA, L.; RAMOS, P. Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*): An integrative and comprehensive review. **Food Research International**, v. 119, p. 769-776, 2019.

MORETTI, C. L.; MATTOS, M. L. **Boas práticas agrícolas na pós-colheita de hortaliças**. In: FERREIRA, Marcos David. (Org.). Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. São Carlos: Embrapa. Instrumentação Agropecuária, p. 107-116, 2008.

MUSA, C. I. **Caracterização físico-química de morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS**. 2016. Tese (Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2016.

NASIOPOULOU, E. S. **The effect of different postharvest heat treatments on the quality of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruits**. 2020. Thesis (Doctorate degree). Agriculture Interinstitutional Program of Master Studies In “Organic Farming”. Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of agriculture, Forestry and natural environment, school of agriculture. Thessaloniki, 2020.

NIAZI, A. R.; GHANBARI, F.; ERFANI-MOGHADAM, J. Simultaneous effects of hot water treatment with calcium and salicylic acid on shelf life and qualitative characteristics of strawberry during refrigerated storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 1, e. 15005, p. 10, 2021.

NICOLAU-LAPEÑA, I.; ABADIAS, M.; BOBO, G.; AGUILÓ-AGUAYO, I.; LAFARGA, T.; VIÑAS, I. Strawberry sanitization by peracetic acid washing and its effect on fruit quality. **Food Microbiology**, v. 83, p. 159-166, 2019.

NISHAD, P. K.; NAMDEO, A.; CHARYULU, K. R. C. Maintaining the Postharvest Quality of Fresh Products, p. 65-79, 2018. In: NARESH, R. K. Advances In Agriculture Sciences, **AkiNikik Publications**, v. 13, p. 118, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/329363610\\_Carbon\\_Sequestration\\_An\\_Antidote\\_for\\_Climate\\_Change](https://www.researchgate.net/publication/329363610_Carbon_Sequestration_An_Antidote_for_Climate_Change).

NOUR, V.; PLESOIANU, A. M.; IONICA, M. E. Effect of dip wash treatments with organic acids and acidic electrolyzed water combined with ultraviolet irradiation on quality of strawberry fruit during storage. **Bragantia**, v. 80, n. 4, 2021.

NOWICKA, A.; KUCHARSKA, A. Z.; SOKOL-LETOWSKA, A.; FECKA, I. Comparison of polyphenol content and antioxidant capacity of strawberry fruit from 90 cultivars of *Fragaria x ananassa* Duch. **Food chemistry**, v. 270, p. 32-46, 2019.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 1-2, p. 17-28, 1995.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M.; SARGENT, S. A. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 180-190, 2006.

NUNES, M. C. N.; EMOND, J. P. Quality of strawberries after storage in constant or fluctuating temperatures. In: **Proceedings of the 20th International Congress on Refrigeration, Sydney, September**, p. 19-24, 1999.

NUNES, M. C. N.; MORAIS, A. M. M. B.; BRECHT, J. K.; SARGENT, S. A.; BARTZ, J. A. Prompt cooling reduces incidence and severity of decay caused by *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer* in strawberry. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p. 153-156, 2005.

OLIVEIRA, M. A. de. **Estimativa de índices físico-químicos e sensoriais de frutas usando imagens digitais**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

OZCAN, M. M.; HACISEFEROĞULLARI, H. The strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: chemical composition, physical properties and mineral contents. **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 1022-1028, 2007.

PALUDO, M. C. **Extração e determinação da capacidade antioxidante (in vitro) das antocianinas e compostos fenólicos totais da jabuticaba Sabará *Myrciaria jabuticaba* (Vell.) O. Berg e sua geléia**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

PANICO, A. M.; GARUFI, F.; NITTO, S.; DI MAURO, R.; LONGHITANO, R. C.; MAGRÌ, G.; CATALFO, A.; SERRENTINO, M. E.; DE GUIDI, G. Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from *Fragaria x ananassa*. **Pharmaceutical Biology**, v. 47, n. 3, p. 203-208, 2009.

PARANÁ. Departamento de Economia Rural. Divisão de Conjuntura Agropecuária. **Prognóstico Fruticultura - Janeiro de 2020**. Paraná. Governo do Estado. 2021. Disponível em: [https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2021-01/prognostico\\_fruticultura\\_2021.pdf](https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/prognostico_fruticultura_2021.pdf).

PARANÁ. Departamento de Economia Rural. Divisão de Conjuntura Agropecuária. **Prognóstico Fruticultura 2020 - Análise de conjuntura**. Paraná. Governo do Estado. 2020. Disponível em: [http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura\\_2020.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf).

PEIXOTO, C. P. **Princípios de Fisiologia Vegetal: teoria e prática**. Rio de Janeiro, **Pod Editora**, e. 1, 2020.

PESENTI, I. L.; SANTOS, P. H. B.; NUNES, G.; LOS, P. R. de. Cinética e caracterização físico-química do fermentado de morango. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11,

2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19553>. Acesso em: 05 fev. 2022.

PINELI, L. D. L. D. O.; MORETTI, C. L.; DOS SANTOS, M. S.; CAMPOS, A. B.; BRASILEIRO, A. V.; CORDOVA, A. C.; CHIARELLO, M. D. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 1, p. 11-16, 2011.

PISOSCHI, A. M.; NEGULESCU, G. P. Methods for total antioxidant activity determination: a review. **Biochem Anal Biochem**, v. 1, n. 1, p. 106, 2011.

PONCE, A. D. R.; BASTIANI, M. I. D.; MINIM, V. P.; VANETTI, M. C. D. Physical-chemical and microbiological characteristics of fresh-cut strawberry. **Food Science and Technology**, v. 30, n. 1, p. 113-118, 2010.

PONTE, M.; NECHET, K. D. L.; VILELA, E.; VICELLI, M.; TERAQ, D. **Expressão enzimática em frutas que receberam tratamentos físicos na pós-colheita**. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, e. 9, Campinas. Anais. Campinas: IAC, p. 8, 2015.

QIN, Y.; DA SILVA, J. A. T.; ZHANG, L.; ZHANG, S. Transgenic strawberry: state of the art for improved traits. **Biotechnology advances**, v. 26, n. 3, p. 219-232, 2008.

RAMALHO NETA, T. **Conservação de mamão formosa submetido a diferentes tratamentos pós-colheita**. 2017. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231- 1237, 1999.

REIS, K. M. dos R.; MAXIMIANO, A. R.; CARNEIRO, F. M.; NUNES F. A. C.; CHARLO, H. C. de O. Sazonalidade de preço e quantidade comercializada de morango nos CEASAs-MG de 1995 a 2010. **Horticultura Brasileira**. v. 29, n. 2, p. 5, 2011.

RIBEIRO, D. **Atributos qualitativos de frutos de morangueiro submetido à hidroesfriamento e armazenamento em diferentes tipos de embalagens**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.

RICHTER, A. F.; FAGUERAZZI, A. F.; ZANIN, D. S.; CAMARGO, S. S.; ARRUDA, A. L.; KRETZSCHMAR, A. A.; SILVA, P. S. Produtividade e qualidade do morango sob cultivo de solo e semi-hidropônico. **Revista Científica Rural**, v. 20, n. 1, p. 193-203, 2018.

RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; DE MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 4, (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 127), 2007.

SANTAELLA, S. R. R. **Controle de soluções sanificantes por meio do potencial de óxido-redução em alface americana minimamente processada**. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SÃO PAULO. Companhia de entrepostos e armazéns gerais de São Paulo. **Sazonalidade dos Produtos Comercializados no ETSP 2016 a 2020**. Seção de Economia e Desenvolvimento da CEAGESP, 2020. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp->

content/uploads/2015/06/SAZONALIDADE-DE-PRODUTOS-2016-A-2020.pdf. Acesso em: 07 jul. 2021.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. **Morango está em plena safra em São Paulo**. 2020. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/noticias/morango-est%C3%A1-em-plena-safra-em-%C3%A3o-paulo>. Acesso em: 07 jul. 2021.

SCHIAVONE, D. F.; BERRY, A. D.; SARGENT, S. A. Development of an integrated system to rinse, sanitize, and cool fresh-market strawberries. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 127, p. 139-141, 2014.

SEHIRLI, S.; KARABULUT, O.; ILHAN, K.; SEHIRLI, A. Use and efficiency of disinfectants within a hydrocooler system for postharvest disease control in sweet cherry. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, 2020.

SENEVIRATHNA, P. A. W. A. N. K.; DAUNDASEKERA, W. A. M. Effect of postharvest calcium chloride vacuum infiltration on the shelf life and quality of tomato (cv. 'Thilina'). **Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)**, v. 39, n. 1, 2010.

SENHOR, R. F.; DE SOUZA, P. A.; NETO, R. C. A.; MARACAJÁ, P. B.; DO NASCIMENTO, F. J. Manejo de doenças pós-colheita. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 1, p. 13, 2009b.

SILVA, P. R. M. D. **Conservação pós-colheita de frutos tropicais hidroresfriado**. Iniciação Científica, Universidade Federal de Sergipe - Pró-reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Sergipe, São Cristóvão, p. 26, 2021.

SILVA, R. D. N.; MONTEIRO, V. N.; ALCANFOR, J. D. X.; ASSIS, E. M.; ASQUIERI, E. R. Comparison methods for the determination of reducers sugars and total in honey. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 337-341, 2003.

SILVA, R. da S e. **Potencial antioxidante correlacionado com fenóis totais e antocianinas de cultivares de amora-preta, mirtilo, morango e pêssego**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas 2007.

SKUPIEN, K.; OSZMIANSKI, J. Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland. **European Food Research and Technology**, v. 219, n. 1, p. 66-70, 2004.

SOARES, A. C. **Qualidade pós-colheita de mangabas (*Hancornia Speciosa* Gomes) hidrorresfriadas** 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

STAUDT, G. Systematics and geographic distribution of the American strawberry species: Taxonomic studies in the genus *Fragaria* (Rosaceae: Potentilleae). **University of California Publications in Botany**, v. 81, 1999. Visualização parcial - Google books.

TAKIKAWA, A. Y. **Cinética de degradação térmica de antocianinas e seu impacto na cor e na capacidade antioxidante in vitro em frutas vermelhas**. 2014. TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

TEIXEIRA, L. N., STRINGHETA, P. C., OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 4, p. 297-304, 2008.

TERUEL, B. J. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 199-220, 2008.

TERUEL, B.; KIECKBUSCH, T.; CORTEZ, L. Cooling parameters for fruits and vegetables of different sizes in a hydrocooling system. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 655-658, 2004.

TOFFOLI, J. G.; FERRARI, J. T.; DOMINGUES, R. J. Principais medidas de manejo do mofo cinzento em frutas. **Revista Cultivar**. 2020. Disponível em <<https://revistacultivar.com.br/noticias/principais-medidas-de-manejo-do-mofo-cinzento-em-frutas>>.

TOKARSKYY, O.; SCHNEIDER, K. R.; BERRY, A.; SARGENT, S. A.; SREEDHARAN, A. Sanitizer applicability in a laboratory model strawberry hydrocooling system. **Postharvest biology and technology**, v. 101, p. 103-106, 2015.

TREFTZ, C.; OMAYE, S. T. Comparison between hydroponic and soil systems for growing strawberries in a greenhouse. **International Journal of Agricultural Extension**, v. 3, n. 3, p. 195-200, 2016.

TURMANIDZE, T.; GULUA, L.; JGENTI, M.; WICKER, L. Potential antioxidant retention and quality maintenance in raspberries and strawberries treated with calcium chloride and stored under refrigeration. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 370-374, 2017.

VAN DE VELDE, F.; GRACE, M. H.; PIROVANI, M. É.; LILA, M. A. Impact of a new postharvest disinfection method based on peracetic acid fogging on the phenolic profile of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 117, p. 197-205, 2016.

VANDEKINDEREN, I.; DEVLIEGHERE, F.; VAN CAMP, J.; DENON, Q.; ALARCON, S. S.; RAGAERT, P.; DE MEULENAER, B. Impact of a decontamination step with peroxyacetic acid on the shelf-life, sensory quality and nutrient content of grated carrots packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7 C. **Postharvest Biology and Technology**, v. 54, n. 3, p. 141-152, 2009.

VICENTE, A. R.; MARTÍNEZ, G. A.; CHAVES, A. R.; CIVELLO, P. M. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, n. 2, p. 116-122, 2006.

WAN MAHFUZH, W. I.; ZULKIFLI, M. S.; LATIFAH, M. N.; FAUZIAH, O. Evaluations for effectiveness of calcium chloride treatment on the postharvest quality of strawberry. In: VII International Postharvest Symposium 1012. **Acta Horticulturae**, v. 1012, p. 515-520, 2012.

WREGE, M. S.; REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. D.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; SANTOS, A. M. D. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 27, (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 187), 2007.

XU, D. P.; LI, Y.; MENG, X.; ZHOU, T.; ZHOU, Y.; ZHENG, J.; ZHANG J. J.; LI, H. B. Natural antioxidants in foods and medicinal plants: Extraction, assessment and resources. **International journal of molecular sciences**, v. 18, n. 1, p. 96, 2017.

YAMASHITA, F.; VEIGA, G. F.; DE TOLEDO BENASSI, M.; RUFFO ROBERTO, S. Strawberries packaged with polyvinyl chloride (PVC) film. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 429-436, 2006.



YUAN, Z.; NI, Y.; VAN HEININGEN, A. R. P. Kinetics of the peracetic acid decomposition: Part II: pH effect and alkaline hydrolysis. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v. 75, n. 1, p.42-47. 1997.

ZANG, W; S. FURUSAKI. Regulation of anthocyanin synthesis in suspension cultures of strawberry cell by pH. **Biotech. Lett**, v. 19, n. 11, p. 1057–1061, 1997.

ZEIST, A. R.; DE RESENDE, J. T. V. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 7-16, 2019.