

FRANCISCO GILVAN BORGES FERREIRA FREITAS JUNIOR

**ÁCIDO SALICÍLICO E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NO TRATAMENTO PRÉ E
PÓS-COLHEITA DE TOMATE CULTIVADO EM ESTUFA**

Botucatu

2023

FRANCISCO GILVAN BORGES FERREIRA FREITAS JUNIOR

**ÁCIDO SALICÍLICO E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NO TRATAMENTO PRÉ E
PÓS-COLHEITA DE TOMATE CULTIVADO EM ESTUFA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Profa. Dra. Elizabeth Orika Ono

**Botucatu
2023**

F866a

Freitas Junior, Francisco Gilvan Borges Ferreira
Ácido salicílico e revestimento comestível no tratamento pré
e pós-colheita de tomate cultivado em estufa / Francisco Gilvan
Borges Ferreira Freitas Junior. -- Botucatu, 2023
70 p. : il., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientadora: Elizabeth Orika Ono

1. Revestimento comestível. 2. Regulador vegetal. 3.
Fotossíntese. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ÁCIDO SALICÍLICO E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NO TRATAMENTO PRÉ E PÓS-COLHEIRA DE TOMATE CULTIVADO EM ESTUFA

AUTOR: FRANCISCO GILVAN BORGES FERREIRA FREITAS JUNIOR

ORIENTADORA: ELIZABETH ORIKA ONO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Horticultura), pela Comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a ELIZABETH ORIKA ONO (Participação Virtual)
Bioestatística Biologia Vegetal Parasitologia e Zoologia / Instituto de Biociências de Botucatu UNESP

Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES (Participação Virtual)
Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Dr.^a DAYANE MÉRCIA RIBEIRO SILVA (Participação Virtual)
Arapiraca/AL / Universidade Federal de Alagoas - UFAL .

Botucatu, 02 de março de 2023

*A minha saudosa amiga,
Maria das Dores Cardozo,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela imensurável força, em momentos que julguei difíceis.

À minha família. Eliane, Francisco e Beatriz, pelo inimaginável apoio.

Em especial à minha mãe, Eliane Gomes, pela incrível capacidade de me confortar o coração. E ao meu pai, Francisco, por seu contagiante senso de humor.

Aos meus colegas de laboratório, Isabelly e Eduardo, pela paciência e amizade.

Aos professores Elizabeth Orika Ono e João Domingos Rodrigues pela paciência e oportunidades.

À Dayane, que me ajudou de forma inenarrável e no momento certo.

Aos meus amigos de mestrado e UNESP pela ajuda.

Aos amigos de Botucatu, pela companhia.

Aos meus amigos, em especial, Ana, Angélica e Juliany, por simplesmente existirem e estarem comigo em momentos tão significativamente importantes.

A todos que me mandaram apoio quando eu achei que não iria conseguir.

À mim, que sou o maior crítico dos meus atos e esqueço de ver a lonjura das minhas conquistas, muito obrigado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

“O amor resume inteiramente a doutrina de Jesus, porque é o sentimento por excelência, e os sentimentos são os instintos elevados à altura do progresso realizado.”

RESUMO

Uma das alternativas que garante a qualidade pós-colheita de frutos de tomate é a aplicação exógena de reguladores vegetais associados a outro tipo de tecnologia, como a atmosfera modificada passiva. Objetivou-se verificar a ação de concentrações de ácido salicílico (AS) como regulador vegetal em pré-colheita de tomateiro e sua posterior ação, associado à fécula de mandioca como revestimento, na manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos armazenados. O delineamento experimental pré-colheita foi em blocos casualizados com oito repetições, sendo aplicadas três concentrações de AS (0, 1 e 2 mmol.L⁻¹). No período pós-colheita, o delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x3 e à uma parte dos tomates colhidos foi aplicado revestimento à base de fécula de mandioca na concentração de 3,5%. Foram avaliadas as trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* das plantas, bem como a capacidade antioxidante e qualidade físico-química dos frutos. Os dados de *Fv/Fm* não indicaram estresse das plantas pelas concentrações aplicadas. Dados como sólidos solúveis e firmeza, sugerem que as concentrações de AS junto ao revestimento, não foram suficientes para retardar o amadurecimento dos frutos. As concentrações de AS aplicadas em pré-colheita de tomate não influenciaram na maioria das variáveis de estudo da fotossíntese. As doses contendo AS, possibilitaram baixa atuação dos compostos e enzimas antioxidantes, além de não ter influenciado nas características qualitativas do tomate.

Palavras-chave: atmosfera modificada; elicitador; regulador vegetal; *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

One of the alternatives that guarantee the postharvest quality of tomato fruits is the exogenous application of plant regulators associated with another type of technology, such as passive modified atmosphere. The objective was to verify the action of salicylic acid (SA) concentrations as a plant regulator in tomato pre-harvest and its subsequent action, associated with cassava starch as coating, in maintaining the post-harvest quality of stored fruits. The pre-harvest experimental design was in randomized blocks with eight replications, with three concentrations of SA (0, 1 and 2 mmol.L⁻¹) applied. In the post-harvest period, the design was in randomized blocks in a 4x3 factorial scheme and part of the harvested tomatoes was coated with cassava starch at a concentration of 3.5%. The gas exchange and fluorescence of chlorophyll *a* of the plants, as well as the antioxidant capacity and physical-chemical quality of the fruits were evaluated. The *Fv/Fm* data did not indicate plant stress due to the applied concentrations. Data such as soluble solids and firmness suggest that SA concentrations near the coating were not sufficient to delay fruit ripening. The concentrations of SA applied in tomato pre-harvest did not influence most of the photosynthesis study variables. Doses containing SA allowed low performance of antioxidant compounds and enzymes, in addition to not having influenced the qualitative characteristics of tomatoes.

Keywords: elicitor; modified atmosphere; plant growth regulator; *Solanum lycopersicum* L.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	17
CAPÍTULO 1 - ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DA APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NA PRÉ E PÓS-COLHEITA DE TOMATE.....	19
1.1 INTRODUÇÃO.....	21
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
1.2.1 Cultivo das plantas de tomate.....	23
1.2.2 Aplicação de Ácido Salicílico.....	24
1.2.3 Trocas gasosas.....	25
1.2.4 Fluorescência da clorofila a.....	25
1.2.5 Delineamento experimental pré-colheita.....	26
1.2.6 Formulação do revestimento comestível.....	26
1.2.7 Acondicionamento dos frutos.....	27
1.2.8 Análises bioquímicas.....	28
1.2.9 Delineamento experimental pós-colheita.....	30
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
1.4 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO 2 – ÁCIDO SALICÍLICO E FÉCULA DE MANDIOCA COMO AGENTES NA MANUTENÇÃO PÓS-COLHEITA DE ATRIBUTOS FÍSICOQUÍMICOS DE FRUTOS DE TOMATE.....	45
2.1 INTRODUÇÃO.....	46
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.2.1 Cultivo do tomateiro.....	47
2.2.2 Aplicação de ácido salicílico nas plantas.....	49
2.2.3 Formulação do revestimento comestível.....	49
2.2.4 Acondicionamento dos frutos.....	49
2.2.5 Avaliações físico-químicas.....	50
2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	51
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51

2.4	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS.....	63
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
	REFERÊNCIAS.....	69

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertencente à família Solanaceae, é considerado um dos vegetais mais importantes e populares do mundo (PARMAR; SUBRAMANIAN, 2011). Rico em compostos como carotenoides (em particular, licopeno), ácido ascórbico (vitamina C), vitamina E, ácido fólico, flavonoides e potássio, é um importante alimento relacionado à saúde (NASCIMENTO et al., 2013).

A produção de tomates no Brasil foi de aproximadamente 3,89 e 3,84 milhões de toneladas em 2021 e 2022, respectivamente (SIDRA, 2022). Com esta produção, o Brasil configura entre os dez maiores produtores mundiais, considerando a produção de tomates de mesa e indústria (CONAB, 2019). Representando 72,29% da produção nacional, Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia foram os maiores produtores de tomate em 2022 (SIDRA, 2022).

Entretanto, no Brasil, as perdas pós-colheita representam alto custo ao setor varejista e giram em torno de 600 milhões de reais por ano (COSTA NETA et al., 2020). O tomate pode apresentar perdas consideráveis durante sua comercialização pois é altamente perecível (TEXEIRA et al., 2022) e, além disso, trata-se de um fruto climatérico e, portanto, continua sofrendo transformações bioquímicas e físicas, mesmo após a colheita (FREITAS JUNIOR et al., 2020).

Assim, torna-se importante o desenvolvimento de técnicas que possibilitem a manutenção da qualidade dos frutos de tomateiro por mais tempo (MENEZES et al., 2017). Uma dessas alternativas seria o emprego de hormônios vegetais elicitores como o ácido salicílico (AS). Os elicitores são produtos de origem biótica ou abiótica que, quando aplicados em plantas, induzem a expressão de genes que codificam diversas respostas de defesa aos patógenos, conduzindo à indução da resistência sistêmica adquirida (RSA) (BORSATTI et al., 2015).

O ácido salicílico, assim como seus derivados, é produzido endogenamente na planta e ativam respostas de defesa contra estresses bióticos e abióticos (KHAN et al., 2022) e, como sugere Kerbauy (2019), o AS pode ser utilizado como um tratamento pós-colheita, uma vez que, este inibe a passagem de ACC (ácido aminociclopropano carboxílico) à etileno, inibindo a atividade da enzima ACC oxidase, enzima chave para a biossíntese deste hormônio vegetal ou inibindo o acúmulo de ACC sintase. O AS possibilitou a redução da respiração e produção de etileno na pré-

colheita de morango, com resultados significativos na pós-colheita (LOLAEI et al., 2012).

O ácido salicílico é hormônio vegetal de alto potencial inibidor da síntese de etileno e, também, da decomposição fúngica de frutos colhidos (BABALAR et al., 2007; HENDGES et al., 2013). Logo, o ácido salicílico se apresenta como uma molécula alternativa para evitar a utilização de fungicidas convencionais no controle destes patógenos (FARIAS et al., 2016). Por isso, a aplicação exógena deste regulador vegetal pode promover benefícios às plantas em curto período (GOMES et al., 2018).

A aplicação de ácido salicílico na planta se mostra importante na resistência a doenças e a estresses abióticos de cunho oxidativo (KHAN et al., 2022). Estudos têm demonstrado o AS como agente indutor de resistência ao ataque de patógenos na pós-colheita, possibilitando a manutenção da qualidade e prolongando a vida útil pós-colheita de frutos, vegetais e produtos ornamentais (SUPAPVANICH; PROMYOU, 2013; SANCHES et al., 2015). O uso deste hormônio vegetal em diversas olerícolas vem ganhando cada vez mais destaque ao longo dos anos, pois é um produto natural considerado seguro (SUPAPVANICH; PROMYOU, 2013). Segundo os autores, a faixa ideal de concentração de AS usada para produtos frescos colhidos é de cerca de 0,5 a 2 mM.

A aplicação exógena de AS pode ser uma ferramenta útil e promissora para controlar a deterioração pós-colheita em escala comercial, uma vez que, aumenta efetivamente os efeitos de outros tratamentos pós-colheita (ASGHARI; AGHDAM, 2010), como a aplicação da cadeia de frio e a utilização da atmosfera modificada. A combinação entre os tratamentos pré e pós-colheita pode ser a melhor maneira de aumentar a eficácia do ácido salicílico (SUPAPVANICH; PROMYOU, 2013).

Alguns métodos como a atmosfera modificada passiva podem ser adotados, para melhor conservação da qualidade dos produtos hortifrúteis, aumentando a rentabilidade, a mitigação de perdas pós-colheita e impactos ambientais oriundos dos descartes (FREITAS JUNIOR et al., 2020). A atmosfera modificada passiva é uma técnica que utiliza embalagens visando proporcionar uma barreira artificial à difusão de gases em torno do produto, que pode ser pelo acondicionamento dos frutos em filmes plástico ou pelo recobrimento com revestimentos comestíveis (OSHIRO et al., 2012; VESPUCCI et al., 2018).

Segundo Neves Junior et al. (2013), a aplicação de revestimentos comestíveis e da atmosfera modificada, está sendo cada vez mais utilizada na conservação de frutos como solução para reduzir processos metabólicos como a perda de umidade e taxas de respiração.

De acordo com Supapvanich e Promyou (2013) durante o armazenamento após a colheita, os níveis de trocas gasosas devem ser mantidos baixos, uma vez que a respiração acelera a senescência dos frutos. Com a aplicação de revestimentos em frutos, tem-se a formação de uma cobertura com preenchimento parcial dos estômatos e lenticelas, reduzindo, dessa forma, a transferência de umidade (transpiração) e as trocas gasosas (respiração) (LUVIELMO; LAMAS, 2012), resultando em redução do nível de O₂, aumento do nível de CO₂, modificação na concentração de etileno e vapor d'água e alterações em outros compostos voláteis (VESPUCCI et al., 2018). Portanto, com níveis de O₂ mais baixos, espera-se a redução atividade da enzima ACC oxidase, reduzindo assim, a produção de etileno e o amadurecimento dos frutos.

Neste contexto, os revestimentos comestíveis surgem como uma alternativa, pois se originam de proteínas, polissacarídeos, lipídios e outros compostos (LOPES et al., 2018). Um dos polissacarídeos mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis em frutas é a fécula de mandioca, devido às suas boas características mecânicas e organolépticas (LUVIELMO; LAMAS, 2012).

Portanto, considerando os efeitos benéficos do ácido salicílico, o presente trabalho teve como objetivo verificar a ação de diferentes concentrações de AS como regulador vegetal, na manutenção das variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* de plantas de tomateiro, híbrido *Matinella*, e sua posterior ação pós-colheita na manutenção da qualidade dos atributos físico-químicos e antioxidantes dos frutos armazenados.

CAPÍTULO 1

ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DA APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO E REVESTIMENTO COMESTÍVEL NA PRÉ E PÓS-COLHEITA DE TOMATE

RESUMO

O tomate é a hortaliça mais industrializada no Brasil. A qualidade química e bioquímica dos frutos afeta diretamente a qualidade de inúmeros subprodutos. Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido salicílico (AS) em tomateiro nas variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, bem como a influência do ácido na capacidade antioxidante e peroxidação lipídica, na etapa pós-colheita de frutos ao longo dos dias de armazenamento. O delineamento experimental pré-colheita foi em blocos casualizados com oito repetições, sendo aplicadas três concentrações de AS (0, 1 e 2 mmol.L⁻¹). No período pós-colheita, o delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x3 e à uma parte dos tomates colhidos foi aplicado revestimento à base de fécula de mandioca na concentração de 3,5%. Foram feitas análises como assimilação de CO₂, taxa de transpiração, eficiência quântica potencial do FSII (*F_v/F_m*) coeficiente de extinção não-fotoquímico (*NPQ*) e atividade das enzimas antioxidantes (superóxido dismutase, catalase e peroxidase). As taxas de *NPQ* indicaram que as concentrações que continham AS não favoreceram o uso da energia luminosa em trabalho fotossintético. Além disso, os teores de peroxidação lipídica, nos tomates, apresentaram-se elevados desde o início das avaliações. A aplicação de AS em pré-colheita de tomate, não influenciou na maioria dos parâmetros fotossintéticos avaliados. Tais resultados, podem ter contribuído para o baixo desempenho das variáveis antioxidantes e alto valor da peroxidação lipídica. Portanto, não sendo recomendado a aplicação de ácido salicílico em pré-colheita de tomateiro.

Palavras-chave: antioxidantes; fécula de mandioca; regulador vegetal.

ABSTRACT

Tomato is the most industrialized vegetable in Brazil. The chemical and biochemical quality of the fruits directly affects the quality of numerous by-products. The objective of this study was to evaluate the effect of different concentrations of salicylic acid (SA) in tomato on the variables of gas exchange and chlorophyll a flowering, as well as the influence of the acid on the antioxidant capacity and lipid peroxidation, in the post-harvest stage of fruits over the days of storage. The pre-harvest experimental design was in randomized blocks with eight replications, with three concentrations of SA (0, 1 and 2 mmol.L⁻¹) applied. In the post-harvest period, the design was in randomized blocks in a 4x3 factorial scheme and part of the harvested tomatoes was coated with cassava starch at a concentration of 3.5%. Analyzes such as CO₂ assimilation, transpiration rate, potential quantum efficiency of PSII (F_v/F_m), non-photochemical extinction coefficient (QNP) and activity of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, catalase, and peroxidase) were performed. The QNP rates indicated that the concentrations containing AS did not favor the use of light energy in photosynthetic work. Furthermore, the levels of lipid peroxidation in tomatoes were high since the beginning of the evaluations. The application of AS in tomato pre-harvest did not influence most of the evaluated photosynthetic parameters. Such results may have contributed to the low performance of the antioxidant variables and the high value of lipid peroxidation. Therefore, the application of salicylic acid in tomato pre-harvest is not recommended.

Keywords: antioxidants; cassava starch; plant regulator.

1.1 INTRODUÇÃO

O tomate é uma das culturas nacionais de maior importância econômica, pois é a hortaliça mais industrializada na forma de inúmeros subprodutos, como extrato, polpa, pasta e tomate seco (NASCIMENTO et al., 2013). Portanto, a qualidade química e bioquímica dos frutos afeta diretamente a qualidade dos subprodutos.

A pós-colheita é uma das principais linhas de pesquisa do tomate, com aproximadamente 31% de tudo o que vem sendo estudado, dos quais 10,5% são estudos recentes, que visam reduzir perdas no armazenamento e no transporte e que

realizam análise dos frutos quanto a atributos qualitativos (BRANDÃO FILHO et al., 2018). Muitos trabalhos têm relatado que características de qualidade em tomate são fortemente influenciados por diversas práticas culturais e aspectos agrônômicos (PAULA et al., 2018). Por se tratar de fruto climatérico, o tomate continua sofrendo transformações bioquímicas, após a colheita (FREITAS JR et al., 2020). Por isso, os tratamentos pré-colheita em tomateiro são uma importante forma de assegurar a qualidade pós-colheita destes frutos.

O ácido salicílico (AS) é um hormônio vegetal que gera ampla gama de respostas metabólicas e fisiológicas em plantas, afetando assim, seu crescimento e desenvolvimento (ASGHARI; AGHDAM, 2010), além de atuar em várias respostas aos estresses biótico e abiótico (TAIZ et al., 2017). Segundo Khan et al. (2022) além do ácido salicílico atuar contra os tipos de estresses, diferentes concentrações do regulador vegetal influenciam, de forma positiva, no seu desenvolvimento.

A aplicação de ácido salicílico pode ser realizada de forma exógena na pré-colheita de frutos (ROSSAROLLA et al., 2012; MORENO et al., 2015), onde é possível identificar a influência do tratamento pré-colheita na qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças. Por isso, a aplicação exógena deste regulador vegetal pode promover benefícios às plantas, aumentando a defesa em menor período (GOMES et al., 2018).

Outra forma possível de manter a qualidade pós-colheita de tomates é a aplicação de revestimento comestível à base de fécula de mandioca. Tais revestimentos agem como barreiras a elementos externos e, conseqüentemente, podem proteger o produto embalado de danos físicos e biológicos, mantendo sua qualidade pós-colheita (SANTOS et al., 2011).

Logo a interação da aplicação pré-colheita de AS junto à aplicação de revestimento comestível, pode ser importante aliado na qualidade fisiológica pré e pós-colheita do tomateiro. O AS potencializa a inibição do etileno (BALADAR et al., 2007) através da inibição da biossíntese da enzima ACC oxidase (Kerbaui, 2019) e o revestimento comestível, por sua vez, atua reduzindo os níveis de O₂ no meio (VESPUCCI et al., 2018). Neste sentido, com baixa concentração de oxigênio a enzima ACC oxidase não atua na formação do etileno, principal hormônio vegetal do amadurecimento.

Como sugerido por Baladar et al. (2007), o tratamento pré-colheita de frutos e hortaliças durante a fase vegetativa e/ou de frutificação associado com tratamentos

pós-colheita, antes e durante o armazenamento, são a forma mais eficiente de prevenção contra possíveis problemas pós-colheita. Além disso, a combinação entre os tratamentos pré e pós-colheita é a melhor maneira de aumentar a eficácia do ácido salicílico (SUPAPVANICH; PROMYOU, 2013). Portanto, se espera que a aplicação de ácido salicílico em plantas de tomateiro antes da colheita, possibilite a manutenção da qualidade dos frutos colhidos e armazenados.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido salicílico em tomateiro nas variáveis de trocas gasosas como a taxa de assimilação de CO₂, taxa de transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, eficiência do uso de água e eficiência de carboxilação, além das variáveis da fluorescência da clorofila *a*. O trabalho também teve como objetivo, verificar a influência da aplicação das diferentes concentrações de ácido salicílico em tomateiro na ação das enzimas antioxidante (CAT, SOD e POD), capacidade antioxidante total e peroxidação lipídica dos tomates colhidos ao longo do período de armazenamento.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Cultivo das plantas de tomate

Os frutos de tomateiro utilizados no experimento foram oriundos de plantas de tomate cultivadas sob casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental de São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista (UNESP) localizada no município de São Manuel-SP (22° 44' S, 47° 34' W e 750 metros de altitude). O clima da região é do tipo mesotérmico subtropical úmido com estiagem na época de inverno (PEEL et al., 2007). Foram adquiridas mudas de tomateiro híbrido *Matinella* fornecidas pela Sakata Seed Sudamérica®. O cultivo foi conduzido em casa de vegetação tipo arco com 30 m de comprimento, 7 m de largura e pé direito de 3 m, coberto com filme de polietileno de baixa densidade de 150 µM aditivado e fechado nas laterais com tela de sombreamento de 75% (Figura 1). A adubação mineral do solo foi realizada segundo metodologia do Boletim 200 do IAC, assim como, os tratamentos culturais de irrigação e tutoramento.

Figura 1 – Imagem interna da casa de vegetação do experimento com tomateiro híbrido *Matinella*. São Manuel, SP, 2021



As mudas de tomateiro foram plantadas em espaçamento 1,2 m x 0,7 m, entre e dentro das fileiras, respectivamente. O cultivo das plantas foi em sistema tutorado com bambu e conduzidas verticalmente com uma haste. Foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento, com fita flexível e vazão de 1,6 L.h⁻¹ com emissores espaçados a cada 0,2 m. A primeira adubação foi feita em cova e as demais aplicações de fertilizantes foram realizadas via água de irrigação por meio da técnica de fertirrigação semanal, com auxílio de injetor tipo Venturi, conforme a fase e a necessidade da cultura, assim como os demais tratamentos culturais.

1.2.2 Aplicação de Ácido Salicílico

Soluções contendo ácido salicílico (AS) para cada tratamento foram preparadas por dissolução do AS em 5 mL de etanol absoluto e completadas com água destilada. Às soluções de tratamento foi adicionado óleo vegetal emulsionável (Natur'L Óleo[®]) como espalhante adesivo para reduzir a evaporação da calda durante e após as

aplicações e reduzir a tensão superficial, facilitando desta forma, a absorção dos tratamentos. O AS foi aplicado quando as plantas ainda se encontravam na casa de vegetação, na mudança de coloração do primeiro cacho de frutos nas concentrações de 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹. As aplicações dos tratamentos foram realizadas via foliar, com uso de pulverizador manual de CO₂ pressurizado com pressão constante de 0,3 kgf.cm⁻² e vazão de 0,2 L.min⁻¹, com bicos tipo cone cheio. Durante as aplicações foi utilizada cortina plástica entre as plantas para evitar e/ou diminuir a porcentagem de deriva entre os tratamentos.

Nesta etapa o delineamento experimental foi em blocos casualizados com 3 tratamentos contendo oito repetições e quatro plantas por tratamento.

1.2.3 Trocas Gasosas

As medidas de trocas gasosas foram efetuadas utilizando equipamento de sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha (*Infra Red Gas Analyser - IRGA*), fabricado pela Li-Cor (USA), modelo 6400. A Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR), utilizada para a cultura do tomateiro foi de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, determinado pela metodologia de Aires et al., (2022).

As avaliações foram realizadas pela manhã, entre 8:00 e 11:00 horas, padronizando-se a intensidade luminosa via fonte de luz, em folhas completamente expandidas, sendo as medidas realizadas em 2 plantas por tratamento, 24 horas após a aplicação de AS.

Para obtenção das trocas gasosas foram analisadas: a taxa de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$). As medidas foram calculadas com a utilização da equação geral de trocas gasosas de Von Caemmerer e Farquhar (1981) através do programa de análise de dados do equipamento. As medidas de eficiência do uso de água (EUA , $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) foram definidas através da relação entre assimilação de CO₂ e taxa de transpiração e a eficiência de carboxilação (A/C_i) foi obtida através da relação entre a taxa de assimilação de CO₂ e concentração interna de CO₂ na folha.

1.2.4 Fluorescência da clorofila a

A fluorescência da clorofila *a* foi quantificada com a utilização de fluorômetro portátil de luz modulada (OptiSciences, modelo OS1-FL, Hudson, USA). Para esta análise, as folhas analisadas foram pré-escurecidas por 30 minutos cobrindo-as com papel alumínio e, em seguida, realizada a medição. A partir das leituras, foi obtida a fluorescência máxima (F_m), a fluorescência no estado de equilíbrio dinâmico (F) e a fluorescência mínima (F_0), permitindo-se calcular os seguintes parâmetros (BAKER, 2008): eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m): representando o rendimento quântico da fase fotoquímica da fotossíntese; coeficiente de extinção fotoquímico (qP): refletindo o metabolismo fotossintético do carbono; coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ): representando todas as outras formas de dissipação de energia, principalmente, calor e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), de acordo com Schreiber (1986).

1.2.5 Delineamento experimental pré-colheita

Para a análise de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 8 repetições.

Para a análise estatística, os dados medidos e calculados foram previamente submetidos ao teste de normalidade de Ryan-Joiner (similar ao Shapiro Wilk) e ao teste de homogeneidade de Levene, através do programa Minitab; verificada a normalidade e homoscedasticidade dos dados, procedeu-se a análise de variância (teste F). As médias foram comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa AGROESTAT®. Para as variáveis analisadas, foram construídos gráficos através do programa SIGMAPLOT versão 14.5.

1.2.6 Formulação do revestimento comestível

Para o revestimento comestível foi utilizado fécula de mandioca como polímero principal. A solução filmogênica foi preparada na concentração de 3,5% de fécula de mandioca, 0,0135% de permanganato de potássio, 1% de glicerol e 5% de PEG 400 (em relação à massa do polímero principal – fécula de mandioca) e 0,0135% de lactato de cálcio como composição química seguindo metodologia de Neves Junior (2013). Após o preparo, a solução foi acondicionada em balde de oito litros e armazenada em

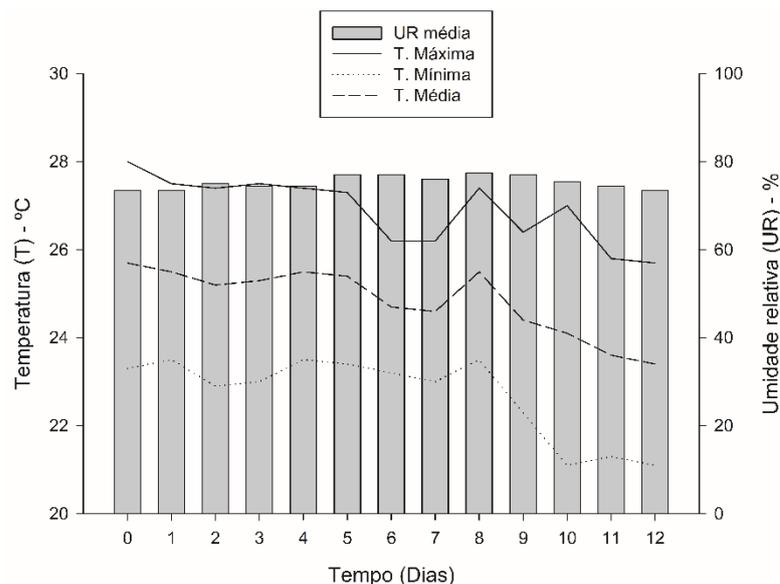
geladeira por 24 horas. Para verificação da formação da película a partir da solução foi colocada alíquota de 25 mL em placa de petri.

1.2.7 Acondicionamento dos frutos

Os frutos foram colhidos quatro dias após a aplicação das soluções de AS e, posteriormente, encaminhados para o Laboratório de Crescimento do Departamento de Biodiversidade e Bioestatística do Instituto de Biociências de Botucatu (IBB) da Universidade Estadual Paulista (UNESP). No laboratório, os frutos de tomates foram imediatamente agrupados e distribuídos em bandejas de isopor sobre bancada, conforme os tratamentos aplicados em campo.

Após o agrupamento, conforme as concentrações de AS aplicadas antes da colheita, as bandejas contendo os tratamentos foram separadas em dois grupos: num dos grupos os tomates que receberam apenas AS e no outro grupo, os tomates que, além da aplicação de AS, foram revestidos com fécula de mandioca (3,5%). Para o tratamento com revestimento comestível os frutos de tomates foram submersos na solução de revestimento por um minuto. As condições de temperatura e umidade relativa do ar no laboratório foram medidas e encontram-se na Figura 2.

Figura 2 – Condições de temperatura (°C) e umidade relativa do ar ao longo dos dias de armazenamento dos tomates em laboratório



1.2.8 Análises bioquímicas

Após a distribuição dos tomates no grupo que recebeu e não recebeu revestimento de fécula de mandioca, foram distribuídos 8 frutos por bandeja, sendo 1 fruto utilizado para as análises bioquímicas a cada 4 dias, totalizando 12 dias de armazenamento. Os frutos selecionados para as análises bioquímicas foram congelados em nitrogênio líquido e, posteriormente, macerados até formar um pó fino e armazenados em freezer a -80°C até o momento das análises. A extração enzimática seguiu a metodologia proposta por Kar e Mishra (1976), na qual foram pesadas 300 mg do macerado dos frutos e adicionado o composto polivinilpirrolidona (PVP) para evitar oxidação do material vegetal. Em seguida foi adicionado ao material vegetal 4 mL de tampão fosfato de potássio refrigerado (0,1 M – pH 6,8).

A solução extraída foi centrifugada a 10000 x g por 10 minutos a 4°C . O extrato obtido foi separado em tubos eppendorfs de 1,5 mL e armazenado a -20°C para posterior determinação enzimática. Para determinar a atividade específica de enzimas antioxidantes, a quantificação das proteínas solúveis de cada extrato enzimático foi previamente realizada de acordo para Bradford (1976).

A determinação da atividade da superóxido dismutase (SOD) foi realizada pelo método de Giannopolitis e Reis (1977) que leva em consideração a capacidade da enzima em inibir a fotoredução do NBT (azul de cloreto de nitrotetrazólio). Para a quantificação da SOD foram adicionados 50 μL de extrato bruto, a uma solução contendo 13 mM de metionina, 75 μL de NBT, 100 nM de EDTA e 2 μM de riboflavina em 3,0 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,8. Após o preparo do meio, a reação ocorreu pela iluminação dos tubos, em recipiente fechado composto por lâmpadas fluorescentes, durante 5 minutos. Após o decorrer do tempo de incubação, as amostras foram lidas em espectrofotômetro a 560 nm. Para o cálculo da atividade específica da enzima considerou-se a porcentagem de inibição obtida, o volume da amostra e a concentração de proteína solúvel da amostra ($\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$).

Conforme Peixoto et al. (1999), a quantificação da catalase (CAT) foi determinada em espectrofotômetro com comprimento de onda de 240 nm pelo monitoramento na variação de absorção de peróxido de hidrogênio. Para isso, foram adicionados 50 μL de extrato bruto em 950 μL de tampão fosfato de potássio 50 mM, pH 7,0 suplementado com peróxido de hidrogênio de concentração final de 12,5 mM. A variação de absorção foi calculada em intervalo de 80 segundos, com atividade da

enzima utilizando coeficiente molar de $39,4 \text{ mM cm}^{-1}$. A atividade da CAT foi expressa em $\mu\text{Kat } \mu\text{g prot}^{-1}$, levando em consideração os valores de proteína solúvel da amostra.

A atividade da enzima peroxidase (POD) seguiu a metodologia proposta por Teisseire e Guy (2000), sendo o sistema de reação composto pela adição de $30 \mu\text{L}$ do extrato enzimático, tampão fosfato de potássio 50 mmol L^{-1} - pH 6,5; pirogalol (1,2,3-benzenotriol) 20 mmol L^{-1} e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 5 mmol L^{-1} ; totalizando um volume de $1,0 \text{ mL}$. A reação foi conduzida durante 5 minutos a temperatura ambiente. Em seguida a formação de purpurogalina foi medida em espectrofotômetro UV-visível a 430 nm e seu coeficiente de extinção molar ($2,5 \text{ } 36 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) foi usado para calcular a atividade específica da enzima, expressa em μmol de purpurogalina $\text{min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

A capacidade antioxidante total foi determinada de acordo com metodologia de Brand-Williams et al. (1995). A solução de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) foi inicialmente preparada em etanol 80% ($0,100 \text{ g}$ em 50 mL de etanol PA). Foram utilizadas 100 mg de amostra que posteriormente foram extraídas em 10 mL de etanol (80%) que permaneceram por 15 minutos em banho ultrassom e na sequência, centrifugadas a 6000 rpm por 10 minutos sob temperatura de 5°C . Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e armazenadas em ambiente protegido da luz por 1 hora, para posterior leitura em espectrofotômetro a 517 nm . Os resultados foram expressos % de DPPH reduzido.

Para determinação da peroxidação de lipídios foi adotada a técnica sugerida por Heath e Packer (1968), citada por Rama Devi e Prasad (1998). Para isso foi utilizado 300 mg do material vegetal, colocado sobre almofariz contendo nitrogênio líquido e maceradas com auxílio de pistilo. Após, o material vegetal foi homogeneizado em 5 mL de solução composta por ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. A solução extraída foi incubada em banho-maria a 90°C por 1 h. Em seguida, as amostras foram colocadas em banho de gelo para o completo resfriamento para posterior centrifugação a $10000 \times g$ por 15 minutos à temperatura ambiente. O sobrenadante resultante da centrifugação foi coletado para realização das leituras, sendo estas realizadas em dois comprimentos de ondas (560 e 600 nm) em espectrofotômetro. Para os cálculos, utilizou-se o coeficiente de extinção molar do malondialdeído ($155 \text{ mmol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

1.2.9 Delineamento experimental pós-colheita

Foram realizados dois experimentos. Ambos os experimentos foram feitos em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, com quatro repetições. Porém, no primeiro avaliou-se apenas o efeito do AS aplicado, já no segundo também foi avaliado o efeito do revestimento comestível associado ao AS.

Para a análise estatística, os dados foram previamente submetidos ao teste de normalidade de Ryan-Joiner (similar ao Shapiro Wilk) e o teste de homogeneidade de Levene, através do programa Minitab; verificada a normalidade e homoscedasticidade dos dados, procedeu-se a análise de variância (teste F). As médias foram comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa AGROESTAT®. Para as variáveis analisadas, foram construídos gráficos através do programa SIGMAPLOT versão 14.5.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância não houve diferenças estatísticas significativas para nenhuma variável de trocas gasosas (Figura 3), bem como para máxima eficiência fotoquímica do PSII (F_v/F_m); coeficiente de extinção fotoquímica do PSII (qP) e a taxa de transferência relativa de elétrons (ETR) (Figura 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Acevedo (2022), onde não houve efeito significativo das concentrações de AS aplicado em batata para variáveis de trocas gasosas nas primeiras aplicações, entretanto o autor obteve resultados significativos para estas variáveis nas aplicações finais.

Figura 3 – Taxa de assimilação de CO₂ (A, A); condutância estomática (g_s , B), concentração interna de CO₂ na folha (C_i , C), taxa de transpiração (E , D), eficiência do uso da água (EUA , E) e eficiência de carboxilação (A/C_i , F), em tomateiros tratados com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM). Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade

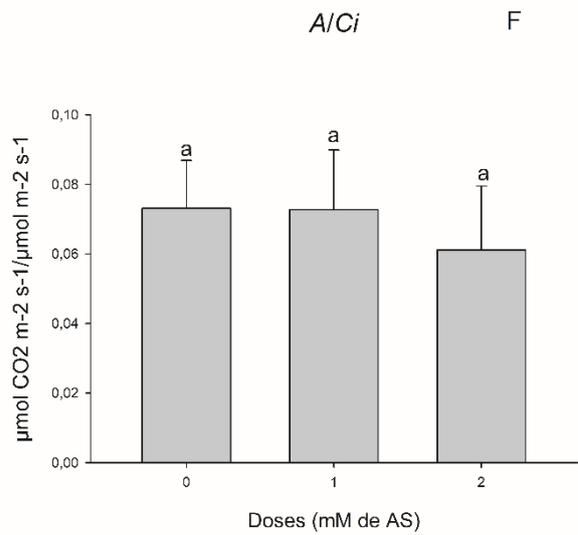
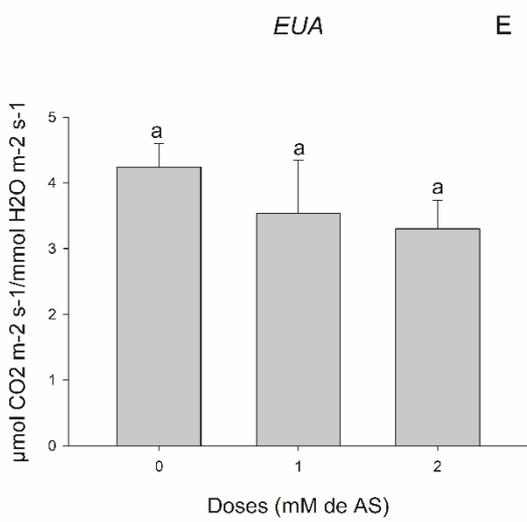
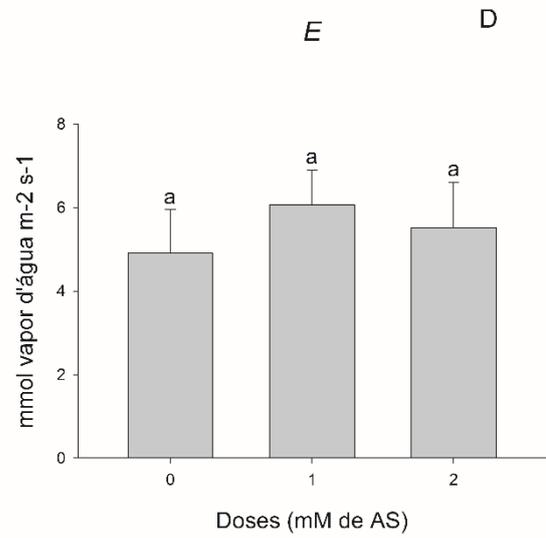
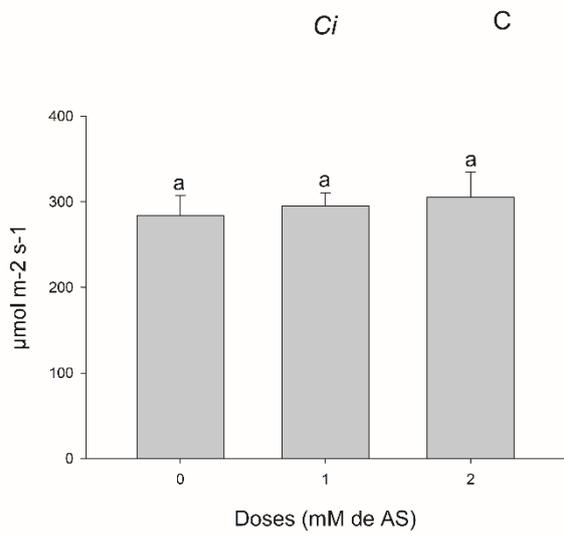
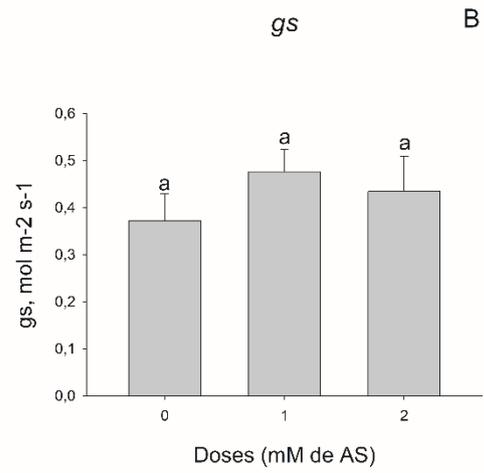
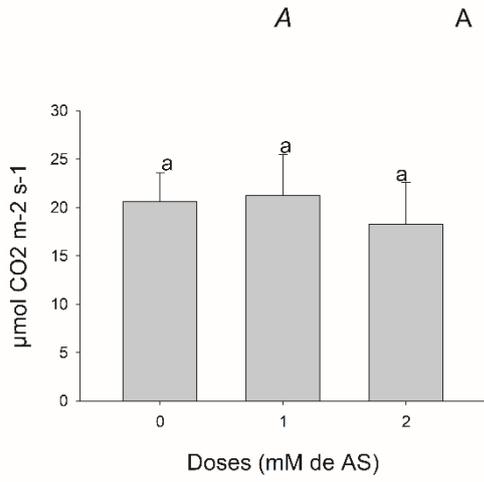
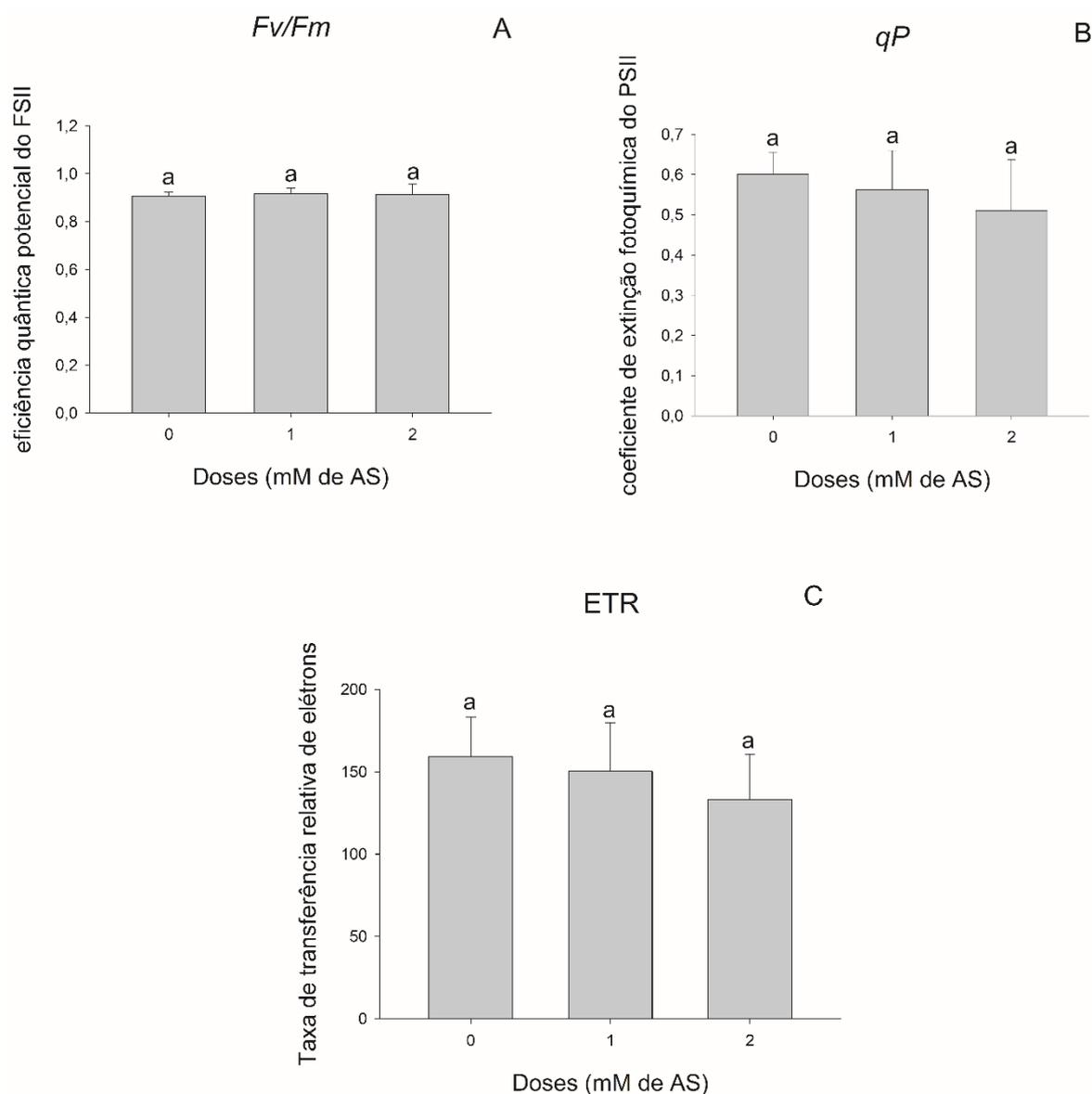
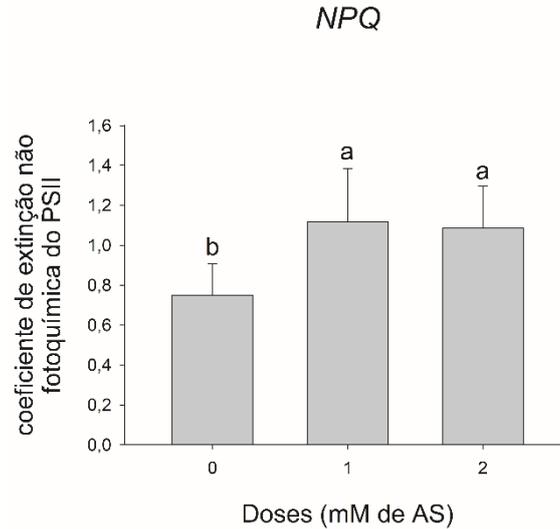


Figura 4 – Máxima eficiência fotoquímica do PSII (F_v/F_m , A); coeficiente de extinção fotoquímica do PSII (qP , B) e taxa de transferência relativa de elétrons (ETR , C), em tomates tratados com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L^{-1} (mM). Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



Entretanto, foi observada diferença estatística significativa entre as doses de AS aplicadas em tomateiro, para o coeficiente de extinção não fotoquímica (NPQ , figura 5).

Figura 5 – Coeficiente de extinção não fotoquímica do PSII (*NPQ*), em tomates tratados com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM). Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade

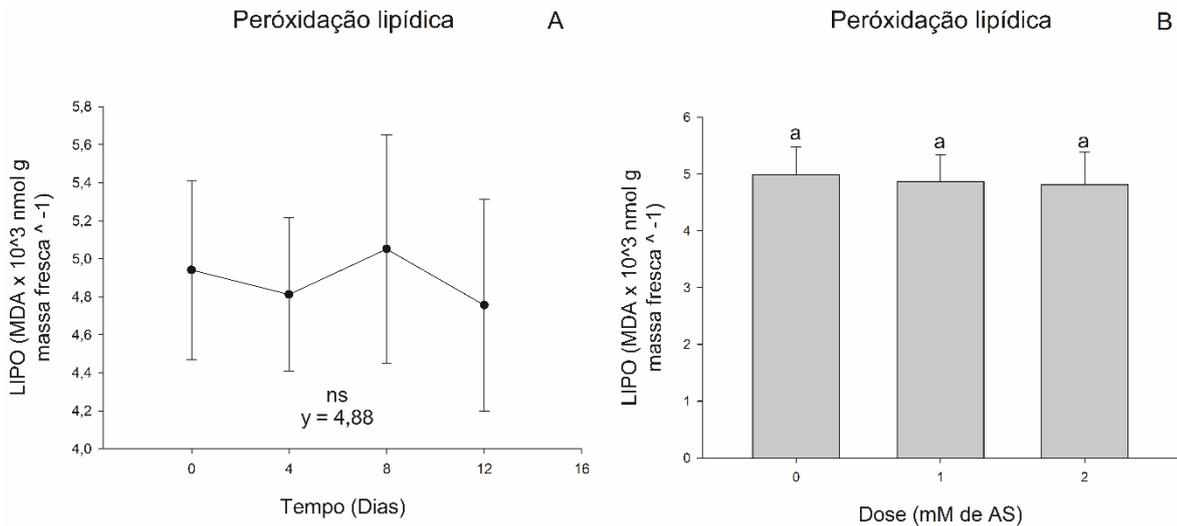


O *NPQ* representa a dissipação do excesso de energia luminosa na forma de fluorescência e calor, pelo PSII (Baker, 2008). Logo, como representado na figura 5, as plantas que receberam doses contendo AS, apresentaram os maiores teores desta dissipação, diferindo do controle, mas não havendo diferença estatística entre as doses 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹. Isso indica que as doses de AS não foram capazes de reduzir a dissipação não fotoquímica do PSII, ou seja, a energia luminosa não foi utilizada em processos fotossintéticos e sim perdida na forma de fluorescência e calor.

As plantas avaliadas no presente trabalho apresentaram valores para *Fv/Fm* próximos a 1,0, segundo Aires et al. (2022) isto indica que estas plantas não estavam sob condições estressantes no ambiente experimental. Porém, os valores *NPQ* indicam que as concentrações contendo AS impossibilitaram a utilização adequada da energia luminosa.

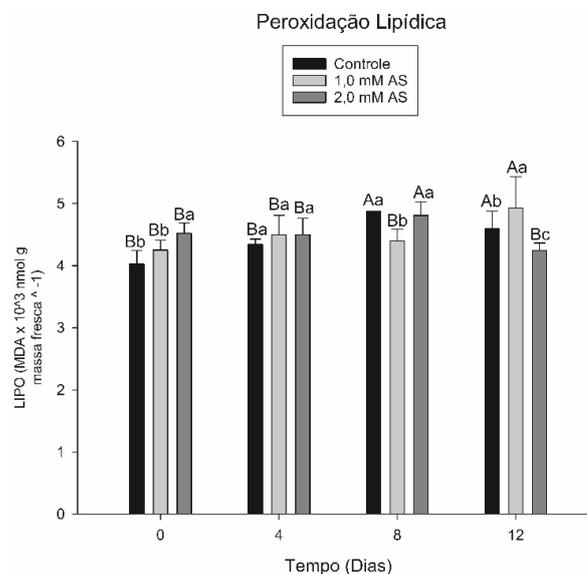
Não houve diferenças estatísticas significativas a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott para tomates tratados com AS e revestimento comestível ($p > 0,05$) para peroxidação lipídica (LIPO) (Figura 6).

Figura 6 – Peroxidação lipídica (LIPO) em tomates com revestimento de fécula de mandioca e tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Ns (não significativo). Letras minúsculas iguais entre colunas, não diferem-se estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



Já para os tomates que foram tratados apenas com doses de AS, houve interação significativa entre concentrações de AS e o tempo (Figura 7).

Figura 7 – Peroxidação lipídica (LIPO) em tomates sem revestimento de fécula de mandioca e tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Letras maiúsculas iguais nas colunas em diferentes épocas de armazenamento e letras minúsculas iguais entre colunas dentro da mesma época de armazenamento, não diferem-se estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



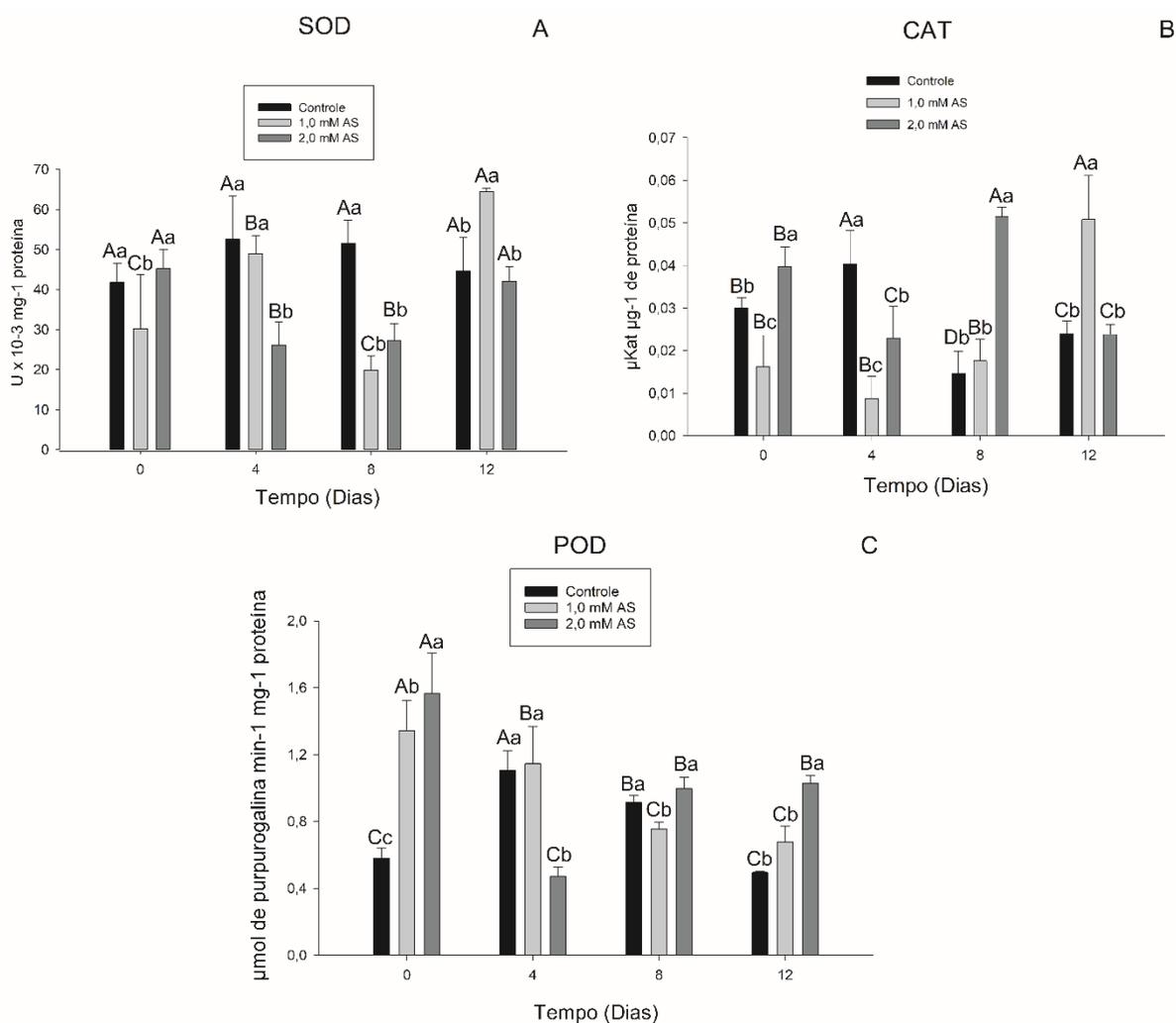
O excesso na concentração de espécies reativas de oxigênio nas células vegetais irá promover a degradação das membranas através da peroxidação lipídica (ROSSATTO et al., 2017). Os teores de peroxidação lipídica aumentaram para todos os frutos que receberam os tratamentos ao longo dos dias de avaliação, com exceção de 2,0 mM de AS, que possibilitou redução aos 12 dias de armazenamento dos frutos. Como sugerido na figura 5, os valores de *NPQ* foram mais altos em plantas que receberam doses contendo AS, segundo Aires et al. (2022), altos índices de *NPQ* indicam aumento da atividade das espécies reativas de oxigênio (ERO) e redução da atividade das enzimas antioxidantes. Portanto, isto explica a alta peroxidação lipídica em tomates que receberam apenas AS em pré-colheita, indicando, neste caso, a degradação das membranas dos frutos.

Segundo Brandão Filho et al. (2018), o processo de respiração durante o amadurecimento dos frutos é irreversível, isto é, o aumento da degradação das células do fruto de tomate é inerente ao seu processo de amadurecimento. No entanto, é notável que os teores de malondialdeído (MDA) se encontram altos desde os primeiros dias de avaliação, possivelmente influenciados pela temperatura no ambiente de armazenamento. Em um trabalho realizado por Melo (2022) com tomates sob estresse salino, os frutos apresentaram valores de lipoperóxido próximos aos encontrados no presente trabalho.

As plantas normalmente respondem ao estresse (biótico ou abiótico) através da produção ERO (JASPERS; KANGASJÄRVI, 2010). Para reduzir os danos causados por esse estresse, as plantas iniciam um processo de defesa através das rotas enzimáticas e não enzimáticas (KUMAR et al., 2018). Essa defesa das plantas antes da colheita, pode reduzir os processos oxidativos dos frutos após a colheita, através do aumento da atividade dessas enzimas. Durante o amadurecimento, os frutos continuam respirando utilizando o O₂ para degradação de compostos de sua própria reserva, sem depender mais de fotoassimilados antes fornecidos pela planta (BRANDÃO FILHO et al., 2018).

A superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) são as principais enzimas que atuam na defesa antioxidante. Os frutos que receberam apenas as concentrações de ácido salicílico apresentaram interação entre os fatores tempo e concentração de AS para as enzimas SOD, CAT e POD (Figura 8).

Figura 8 – Atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD, A), catalase (CAT, B) e peroxidase (POD, C) em tomates sem revestimento de fécula de mandioca e tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Letras maiúsculas iguais nas colunas em diferentes épocas de armazenamento e letras minúsculas iguais entre colunas dentro da mesma época de armazenamento não diferem-se estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade

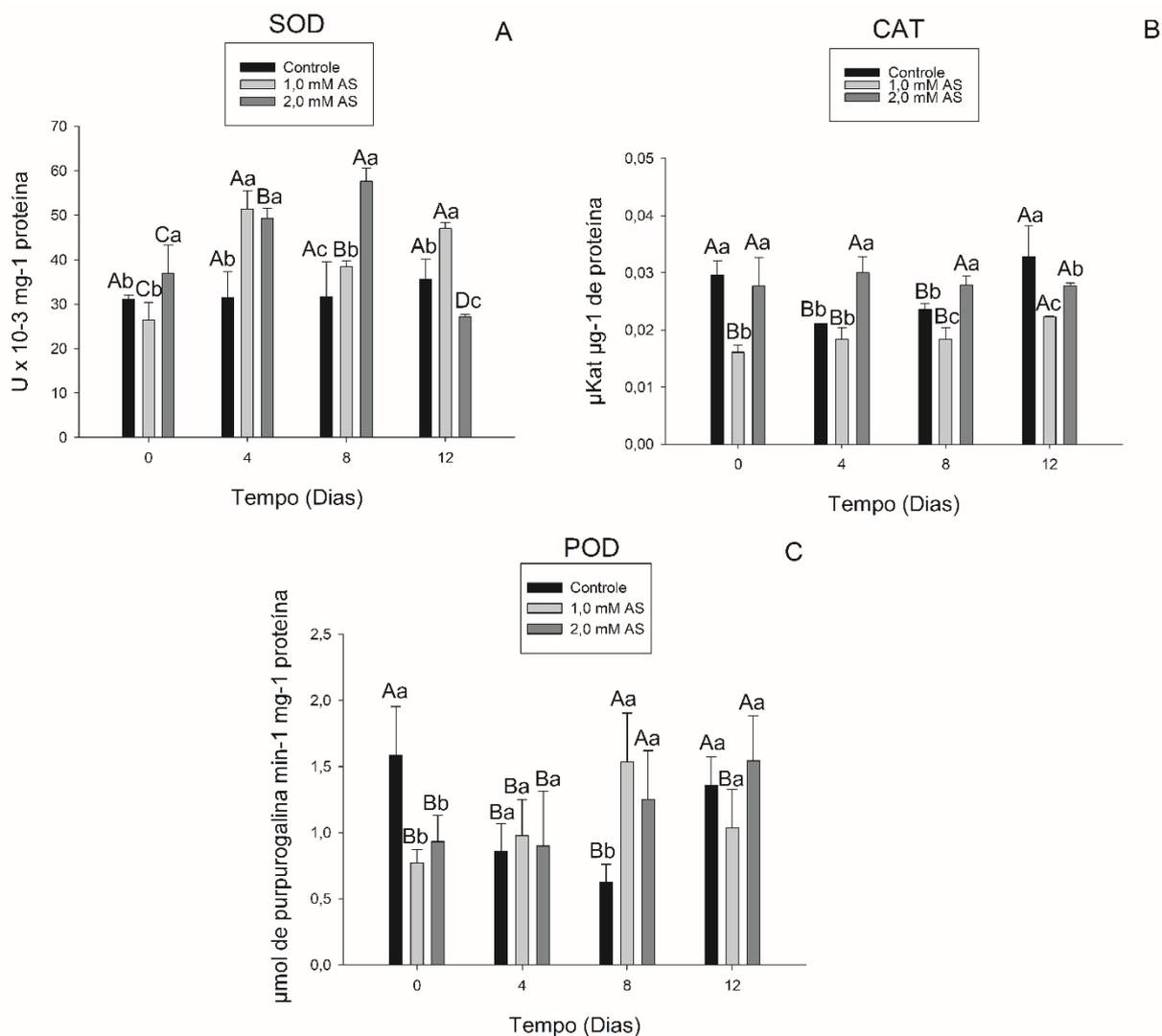


Com exceção da enzima POD, aos 12 dias de armazenamento, a concentração de 1,0 mM de AS foi a que possibilitou a maior atividade enzimática. Entretanto, 2,0 mM de AS foi a que maior conferiu atividade da enzima antioxidante POD na mesma época de avaliação. Embora atuação das enzimas antioxidantes seja importante no combate das ERO, o aumento da atividade enzimática sugere, também, o aumento do estresse sofrido pela planta ou, neste caso, fruto.

É possível notar que, pelo menos uma das concentrações de AS mantiveram alta a atividade das enzimas antioxidantes no último dia de armazenamento em comparação com o controle. Isto pode ter relação com o AS, já que segundo Diaz et al. (2016), o AS estimula a capacidade antioxidante em frutos, sendo esta, umas das funções mais estudadas deste regulador vegetal (RANDJELOVIC et al., 2015). A aplicação de AS em pré-colheita pode ter favorecido a atividade das enzimas antioxidantes na pós-colheita. Resultados divulgados por Aires et al. (2022) demonstram o aumento da atividade destas enzimas, com o aumento das concentrações de AS aplicadas em tomateiro sob déficit hídrico.

Já para os tomates tratados com ácido salicílico em pré-colheita e que receberam revestimento à base de fécula de mandioca, houve interação entre os fatores para as enzimas SOD, CAT e POD (Figura 9).

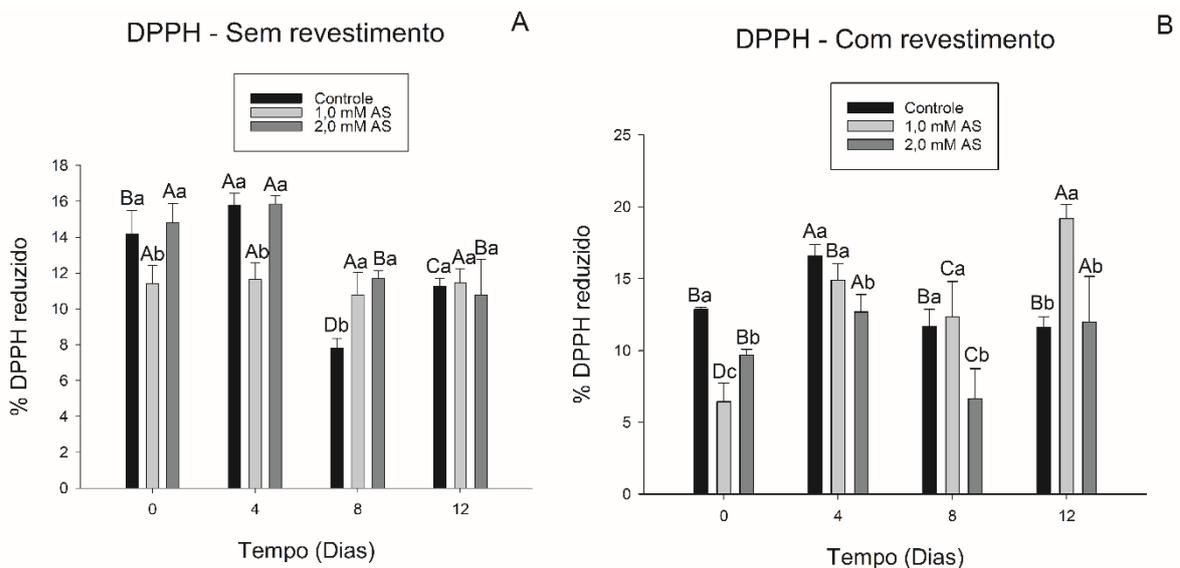
Figura 9 – Atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD, A), catalase (CAT, B) e peroxidase (POD, C) em tomates com revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Letras maiúsculas iguais nas colunas em diferentes épocas de armazenamento e letras minúsculas iguais entre colunas dentro da mesma época de armazenamento, não diferem-se estatisticamente pelo teste Scott Knntt a 5% de probabilidade



Neste caso, a maior atividade das enzimas antioxidantes, em relação às concentrações de AS, foi no 8º dia de armazenamento. Com exceção da enzima POD, em que 2,0 mM e 1,0 mM de AS, não diferiram estatisticamente e possibilitaram a maior atividade da enzima aos 8 dias de avaliação. A concentração de 2,0 mM de AS foi a responsável por manter alta a atividade das outras enzimas neste mesmo período. Isto pode estar relacionado com os dados da peroxidação lipídica e *NPQ*, pois segundo Aires et al., (2022) a atividade das enzimas SOD, CAT e POD, está associada à peroxidação lipídica e esta, por sua vez, com maiores valores do *NPQ*. As enzimas atuam quando há uma situação de estresse, logo para que haja sua ação é necessário que algum substrato esteja presente no meio, o que geralmente é indicado pela peroxidação de lipídeos.

Outra forma importante de evidenciar a capacidade antioxidante de diversos materiais *in natura* é através do método do radical de eliminação do DPPH. Onde o método é baseado no consumo do radical DPPH por algum composto antioxidante. Os resultados para os frutos de tomates tratados apenas com AS e aqueles que além do AS receberam o revestimento de fécula de mandioca, encontram-se na Figura 10. Houve interação dos fatores para ambas as propostas analisadas.

Figura 10 – Percentual de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) reduzido em tomates sem revestimento (A) e com revestimento (B) de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Letras maiúsculas iguais nas colunas em diferentes épocas de armazenamento e letras minúsculas iguais entre colunas dentro da mesma época de armazenamento, não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



Para os tomates que receberam apenas AS como tratamento, no primeiro dia de avaliação, os tratamentos controle e 2,0 mM induziram maior capacidade da redução do radical DPPH. Entretanto, apresentaram queda aos 12 dias de armazenamento. Já 1,0 mM de AS manteve a redução do DPPH, nos frutos, estável durante todo o período de armazenamento, com redução próxima a 12%, em relação ao primeiro e último dia, não diferindo dos demais tratamentos aos 12 dias de avaliação (Figura 10A).

Já para os tomates que receberam o revestimento com fécula de mandioca, além de AS, o tratamento controle apresentou maior redução do DPPH no primeiro dia de avaliação. Entretanto, 1,0 mmol.L⁻¹ de AS apresentou significativo aumento ao

longo dos dias de armazenamento. No 12^o dia de avaliação, a referida concentração apresentou o maior percentual de redução do DPPH, ou seja, maior capacidade de redução (Figura 10B). Em um trabalho realizado por Gomes et al. (2021), onde foi aplicado diferentes concentrações de AS em pré-colheita de uva, as doses que continham entre 0 e 2 mmol.L⁻¹ de AS, apresentaram expressiva variação ao longo de 12 dias de armazenamento, assim como no presente trabalho.

A redução do DPPH por algum composto antioxidante, assim como a atividade das enzimas antioxidantes, pode indicar reação a algum agente estressante. Portanto, pensando na qualidade pós-colheita, é interessante que a ação desses compostos antioxidantes aconteça de forma gradual ao longo dos dias de armazenamento, para que atuem sobre a qualidade pós-colheita por mais tempo. Neste sentido, a combinação entre o revestimento à base de fécula de mandioca e a dose 1,0 mmol.L⁻¹ de AS, apresentaram este comportamento ao longo dos dias de avaliação.

A atuação dos antioxidantes aumenta sob condições de estresse devido ao seu papel crucial que desempenham na inativação de espécies reativas de oxigênio, além disso, eles influenciam na expressão gênica associada à resposta aos estresses bióticos e abióticos (TOKUNAGA et al., 2005; ACEVEDO, 2022). A atividade das enzimas e dos compostos antioxidantes, podem ser influenciados por fatores externos, como, por exemplo a temperatura de armazenamento. Como apresentado por Zavala et al. (2004) o aumento da atividade de compostos antioxidantes em frutos, aumenta com a elevação da temperatura no ambiente de armazenamento.

Observando a temperatura máxima durante a condução do experimento pós-colheita, que foi de aproximadamente 27 °C, e pensando na temperatura como um agente estressante, esta, pode ter contribuído para o aumento das atividades de enzimas antioxidantes como visto nas Figuras 8 e 9 e nos picos de porcentagem de redução do DPPH, ao longo dos dias de armazenamento dos frutos. Porém, observando os dias de avaliação 8 e 12, pelo menos uma das concentrações que continham AS, possibilitaram a atuação das variáveis antioxidantes estudadas (enzimas antioxidantes e redução do radical DPPH), em condições de elevada temperatura para o ambiente de armazenamento.

1.4 CONCLUSÕES

A aplicação de ácido salicílico antes da colheita de tomate, não influenciou na maioria dos parâmetros fotossintéticos avaliados e, ainda, possibilitou a perda de energia luminosa na forma de calor e fluorescência. Tais resultados, podem ter contribuído para o baixo desempenho das variáveis antioxidantes e alto valor da peroxidação lipídica. Portanto, não sendo recomendado a aplicação de ácido salicílico em pré-colheita de tomateiro.

1.5 REFERÊNCIAS

ACEVEDO, A. F. G. **Uso de ácido salicílico em pré e pós-colheita de batata como regulador vegetal e mecanismo de defesa**. 2022. Tese (Doutorado em Agronomia/ Energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022.

AIRES, E. S.; FERRAZ, A. K. L.; CARVALHO, B. L.; TEIXEIRA, F. P.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Foliar application of salicylic acid intensifies antioxidant system and photosynthetic efficiency in tomato plants. **Bragantia**, 81, e1522, 2022. DOI: 10.1590/1678-4499.20210320

ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 502-509, 2010.

BABALAR, M.; ASGHARI, M.; TALAEI, A.; KHOSROSHAHI, A. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. **ScienceDirect**, v. 105, p. 449-453, 2007.

BAKER, B. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018, 535 p. ISBN: 978-65-86383-0

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p. 25-30.

DIAZ, D. A. V.; PÉREZ, L. S.; RANGEL, P. P.; CASTRUITA, M. A. S.; FUENTES, J. A. G.; VALENZUELA-GARCÍA, J. R. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, n. 17, p. 3405-3414, 2016.

FREITAS JÚNIOR, F. G. B. F.; SANTOS, M. P.; MOURA, M. S.; DUARTE, L. G.; MACEDO, K. B. C.; SILVA, M. S.; ALMEIDA, E. I. B.; NEVES JUNIOR, A. C. V.; ARAÚJO, J. R. G.; OLIVEIRA, L. B. T. Uso de embalagem plástica e comestível para conservação de goiaba sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Ibero-**

Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.4, p.463-473, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0039>

GIANNOPOLITIS, C. N.; REIS, S. K. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v.59, p.309-314, 1997.

GOMES, C. A.; ASSIS, A. C.; L. P.; ALVES, D. P.; REIS, M. R. Aplicação de ácido salicílico como atenuador dos efeitos de déficit hídrico no milho. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 4, p. 359-363, 2018.

GOMES, E. P.; BORGES, C. V.; MONTEIRO, G. C; BELIN, M. A. F.; MINATEL, I. O.; PIMENTEL JUNIOR, A.; TECCHIO, M. A.; LIMA, G. P. P. Preharvest salicylic acid treatments improve phenolic compounds and biogenic amines in 'Niagara Rosada' table grape. **Postharvest Biology and Technology**, v. 176, 2021. DOI: 1016/j.postharvbio.2021.111505

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.125, p.189-198, 1968.

HELLMANN, S. S. **Aplicação foliar de ácido salicílico: aspectos fisiológicos e produtividade do tomateiro**. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2022.

JASPERS, P.; KANGASJÄRVI, J. Reactive oxygen species in abiotic stress signaling. **Physiology Plant**, v.138, n.4, p.405-13, 2010.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**.3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 413p.

KHAN; M. I. R.; POOR, P.; JANDA, T. Salicylic Acid: A Versatile Signaling Molecule in Plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 41, p. 1887–1890, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10692-4>

KUMAR, A.; PRASAD, A.; SEDLÁROVÁ, M.; POSPÍSIL, P. Data on detection of singlet oxygen, hydroxyl radical and organic radical in *Arabidopsis thaliana*. **Data in Brief**, v. 21, p.2246–2252, 2018.

MELO, M. F. **Effect of salicylic and jasmonic acid on cherry tomato growth, physiology, and fruit quality under saline stress**. 2022. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2022.

MORENO, M. B.; RIZZOLO, R. G.; FAGUNDES, C. M.; BENDER, A.; ANTUNES, L. E. C. Efeito do ácido salicílico na pré-colheita de amora preta cv. Tupy. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 16, p. 234-239, 2015.

NASCIMENTO, A.R.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635. 2013.

- NEVES JUNIOR, A. C. V.; CONEGLIAN, R. C. C.; SOARES, A. G.; FREITAS, D. G. C.; FONSECA, M. J. O.; BARBOZA, H. T. G. Evaluation of Refrigerated Storage of 'Mikado' Fresh Persimmon Using Edible Coatings. **Acta Horticulturae**, v.1012, n.1, p.1517-1522, 2013. DOI: <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1012.206>
- PAULA, J. T.; RESENDE, J. T. V.; FARIA, M. V.; FIGUEIREDO, A. S. T.; SCHWARZ, K.; NEUMANN, E. Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 434-440, 2015. DOI: 10.1590/S0102-053620150000400005
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 11, p. 1633-1644. 2007.
- PEIXOTO, H. P. P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; MOSQUIM, P. R.; MOREIRA, M. A. Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p. 137-143, 1999.
- RAMA DEVI, S.; PRASAD, M. N. V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: Response of antioxidant enzymes and antioxidants. *Plant Science*, v. 138, p. 157-165, 1998.
- RANDJELOVIC, P. VELJKOVIĆ, S.; STOJILJKOVIĆ, N.; SOKOLOVIĆ, D.; ILIĆ, I.; LAKETIĆ, D.; RANDJELOVIĆ, D.; RANDJELOVIĆ, N. The Beneficial Biological Properties of Salicylic Acid. **Acta facultatis medicae naissensis**, v. 32, n. 4, p. 259-265, 2015. DOI: 10.1515/afmnai-2015-0026
- ROSSAROLLA, M. D.; TOMAZETTI, T. C.; COPATTI, A. S.; MONTEIRO, A. M.; RIGHI, P. S.; AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. S. O ácido salicílico em pré-colheita influencia o controle pós-colheita de *penicillium digitatum* de laranja 'Salustiana'?. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 13, p. 140-145, 2012.
- ROSSATTO, T.; AMARAL, M. N.; BENITEZ, L. C.; VIGHI, I. L.; BRAGA, E. J. B.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M.; MAIA, M. A. C.; PINTO, L. S. Gene expression and activity of antioxidant enzymes in rice plants, cv. BRS AG, under saline stress. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, n. 23, v. 4, p. 865-875, 2017.
- SANTOS, A. F.; SILVA, F. V. G.; LOPES, M. F.; VIEIRA, M. M. S.; BEZERRA, J. M. Uso de biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita de tomates e pimentões. **Revista verde**, v. 6, n. 5, p. 146-153, 2011.
- SCHREIBER, U. Detection of rapid induction kinetics with a new type of highfrequency modulated chlorophyll fluorometer. *Photosynthesis Research*, v.9, p.261-272, 1986.
- SUPAPVANICH, S.; PROMYOU, S. Efficiency of Salicylic Acid Application on Postharvest Perishable Crops. **Springer**, 2013. cap. 15. p. 339-355. DOI: 10.1007/978-94-007-6428-6

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Editora ARTMED EDITORA LTDA, 2017. 858 p.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, v. 153, p. 65–72, 2000.

VESPUCCI, I. L.; SILVA, D. D. A.; MACHADO, V. S.; CAMPOS, A. J. Conservação de maracujá silvestre sob atmosfera modificada passiva. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia*, v. 13, n. 3, p. 32-43, 2018.

ZAVALA, J. F. A., WANG, S. Y.; WANG, C. Y.; AGUILAR, G. A. G. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. **Food Science & Technology**, v. 37, p. 687–695, 2004.

CAPÍTULO 2

ÁCIDO SALICÍLICO E FÉCULA DE MANDIOCA COMO AGENTES NA MANUTENÇÃO PÓS-COLHEITA DE ATRIBUTOS FÍSICOQUÍMICOS DE FRUTOS DE TOMATE

RESUMO

Os danos causados durante as etapas de colheita e pós-colheita, como o uso de embalagens inadequadas, influenciam diretamente nas qualidades sensoriais apreciadas pela cadeia consumidora. O objetivo do presente trabalho foi avaliar atributos físico-químicos para considerar a qualidade sensorial e a possível conservação de tomates tratados com ácido salicílico (AS) e fécula de mandioca como revestimento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x3, como tratamentos foram utilizadas três concentrações de AS (0, 1 e 2 mmol.L⁻¹) aplicadas em pré-colheita e à uma parte dos tomates colhidos foi aplicado revestimento à base de fécula de mandioca na concentração de 3,5%. Foram avaliados teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), *ratio*, açúcares solúveis totais (AST), firmeza e perda de massa fresca. Apenas a aplicação em pré-colheita de AS não teve influência em parte das análises físico-químicas estudadas, como AT, *ratio* e AST. As análises de firmeza e SS apresentaram interação entre os fatores para os frutos tratados com AS e fécula de mandioca. A utilização de AS em pré-colheita, bem como a associação do regulador vegetal com o revestimento de fécula de mandioca, não contribuiu para a manutenção da qualidade pós-colheita de tomate.

Palavras-chave: elicitor; regulador vegetal; revestimento comestível; *Solanum lycopersicum* L.

ABSTRACT

The damage caused during the harvest and post-harvest stages, such as the use of inadequate packaging, directly influence the sensory qualities appreciated by the consumer chain. The objective of the present work was to evaluate physical-chemical

attributes to consider the sensory quality and possible conservation of tomatoes treated with salicylic acid (SA) and cassava starch as coating. The experimental design was in randomized blocks, in a 4x3 factorial scheme, as treatments three concentrations of AS (0, 1 and 2 mmol.L⁻¹) applied in pre-harvest were used and a part of the harvested tomatoes was applied coating based on cassava starch at a concentration of 3.5%. Soluble solids (SS), titratable acidity (TA), *ratio*, total soluble sugars (TSS), firmness and loss of fresh mass were evaluated. Only the pre-harvest application of SA had no influence on part of the studied physicochemical analyses, such as TA, *ratio* and, TSS. Firmness and SS analyzes showed interaction between factors for fruits treated with AS and cassava starch. The use of SA in pre-harvest, as well as the association of the plant regulator with the cassava starch coating, did not contribute to maintaining the post-harvest quality of tomatoes.

Keywords: edible coating; elicitor; plant regulator; *Solanum lycopersicum* L.

2.1 INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma cultura bastante desenvolvida no Brasil e seu fruto está entre as hortaliças mais consumidas no mundo, globalmente enraizada no hábito alimentar (NASCIMENTO et al., 2013). O tomate de mesa é o mais consumido no país e possui ampla variedade de cores e formas, além de ser associada à saúde frente ao combate de certas enfermidades (CONAB, 2019). Tais características e atributos conferem sua popularidade entre os consumidores. Entretanto, o tomate é considerado um produto altamente perecível após a colheita, pela fragilidade dos seus tecidos e pela manutenção de sua atividade metabólica, demandando inúmeros esforços na sua conservação (FERRAZ et al., 2012).

Perdas pós-colheita, aliadas a fatores como injúrias mecânicas causadas por embalagens inadequadas e manuseios incorretos (GUERRA et al., 2018) são os principais responsáveis por prejuízos na comercialização, uma vez que os aspectos físicos dos produtos são essenciais para determinar os preços de compra e venda do tomate (TEXEIRA et al., 2022).

A qualidade do tomate por boa parte dos consumidores é estimada por algumas características que o fruto deve possuir, como aparência e firmeza da polpa, já que os

consumidores usam como base estas referências para saber também o sabor e textura do alimento (NASCIMENTO et al., 2013). Os danos causados durante as etapas de colheita e pós-colheita influenciam diretamente nas qualidades sensoriais apreciadas pela cadeia consumidora, além das qualidades nutricionais e microbiológicas do alimento (BRANDÃO FILHO et al., 2018).

A questão da embalagem é uma grande barreira para o segmento (PEREIRA; MAGALHÃES, 2021). Uma vez acondicionado de forma incorreta, a qualidade sensorial do tomate pode mudar em pouco tempo. Novas tecnologias pós-colheita como as embalagens com atmosfera modificada, a aplicação de revestimentos comestíveis e ácidos antioxidantes vem sendo bastante estudadas para o prolongamento da vida útil pós-colheita de hortaliças-fruto (BRANDÃO FILHO et al., 2018).

A fécula de mandioca é um dos agentes mais estudados para a formação de revestimentos comestíveis por possuir boa transparência e resistência, já que esta não altera as características sensoriais e organolépticas quando aplicada nos frutos (LUVIELMO; LAMAS, 2012/2013).

Considerado uma ferramenta útil e promissora para controlar a deterioração pós-colheita em escala comercial (ASGHARI; AGHDAM, 2010), o ácido salicílico (AS) é conhecido por sua capacidade antioxidante (RANDJELOVIC et al., 2015) e de controle da decomposição fúngica de frutos colhidos (BABALAR et al., 2007). O ácido salicílico pode ser uma alternativa para conservação de tomate junto ao revestimento comestível à base de fécula de mandioca. Logo, devido as propriedades do ácido salicílico e o potencial de conservação do revestimento a base fécula de mandioca, se espera a manutenção da qualidade físico-química e aumento do tempo de prateleira do tomate.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar atributos físico-químicos como teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares totais (AT), firmeza e perda de massa fresca para considerar a qualidade sensorial e a possível conservação de tomates tratados com AS e fécula de mandioca como revestimento.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Cultivo do tomateiro

Os frutos de tomateiro utilizados no experimento foram oriundos de plantas de tomate cultivadas sob casa de vegetação localizada na Fazenda Experimental de São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista (UNESP) localizada no município de São Manuel-SP (22° 44' S, 47° 34' W e 750 metros de altitude). O clima da região é do tipo mesotérmico subtropical úmido com estiagem na época de inverno (PEEL et al., 2007). Foram adquiridas mudas de tomateiro híbrido *Matinella* fornecidas pela Sakata Seed Sudamérica®. O cultivo foi conduzido em casa de vegetação tipo arco com 30 m de comprimento, 7 m de largura e pé direito de 3 m, coberto com filme de polietileno de baixa densidade de 150 μ M aditivado e fechado nas laterais com tela de sombreamento de 75% (Figura 1). A adubação mineral do solo foi realizada segundo metodologia do Boletim 200 do IAC, assim como, os tratos culturais de irrigação e tutoramento.

Figura 1 – Imagem interna da casa de vegetação do experimento com tomateiro híbrido *Matinella*. São Manuel, SP, 2021



As mudas de tomateiro foram plantadas em espaçamento de 1,2 m x 0,7 m, entre e dentro das fileiras. O cultivo das plantas foi em sistema tutorado com bambu e conduzidas verticalmente com uma haste. Foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento, com fita flexível e vazão de 1,6 L h⁻¹ com emissores espaçados de 0,2 m. A primeira adubação foi feita em cova e as demais aplicações de fertilizantes foram realizadas via água de irrigação por meio da técnica de fertirrigação semanal, com

auxílio de injetor tipo Venturi, conforme a fase e a necessidade da cultura, assim como os demais tratamentos culturais.

2.2.2 Aplicação de ácido salicílico nas plantas

Soluções contendo ácido salicílico (AS) para cada tratamento foram preparadas por dissolução do ácido salicílico em 5 mL de etanol absoluto e completadas com água destilada. Às soluções de tratamento foi adicionado óleo vegetal emulsionável (Natur'L Óleo®) como espalhante adesivo para reduzir a evaporação da calda durante e após as aplicações e reduzir a tensão superficial, facilitando desta forma a absorção dos tratamentos. O AS foi aplicado no tomateiro na mudança de coloração do primeiro cacho de frutos nas concentrações de 0, 1,0 e 2,0 mM. As aplicações dos tratamentos foram realizadas via foliar, com uso de pulverizador manual de CO₂ pressurizado com pressão constante de 0,3 kgf cm⁻² e vazão de 0,2 L min⁻¹, com bicos tipo cônicos cheio. Durante a aplicação, foi utilizada cortina plástica para evitar e/ou diminuir a porcentagem de deriva entre os tratamentos.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 3 tratamentos e oito blocos e quatro plantas úteis por tratamento.

2.2.3 Formulação do revestimento comestível

Para o revestimento comestível foi utilizado fécula de mandioca como polímero principal. A solução filmogênica foi preparada na concentração 3,5% de fécula de mandioca, 0,0135% de permanganato de potássio, 1% de glicerol e 5% de PEG 400 (polietileno-glicol) (em relação à massa do polímero principal) e 0,0135% de lactato de cálcio como composição química, seguindo metodologia de Neves Junior (2013). Após o preparo, a solução foi acondicionada em balde de oito litros e armazenada em geladeira por 24 horas. Para verificação da formação da película a partir da solução, foi colocada uma alíquota de 25 mL da solução em placa de Petri.

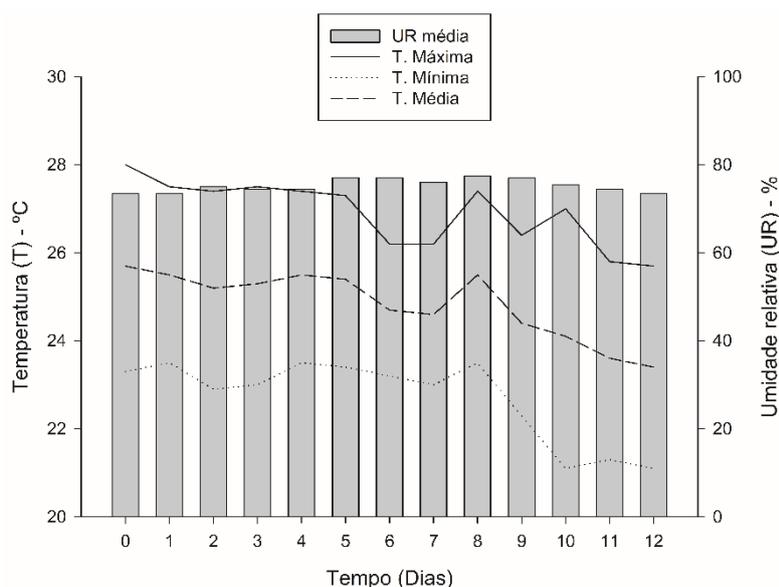
2.2.4 Acondicionamento dos frutos

Os frutos foram colhidos quatro dias após da aplicação das soluções contendo AS e, posteriormente, encaminhados para o Laboratório de Crescimento do Instituto

de Biociência de Botucatu (IBB) da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Os tomates foram imediatamente agrupados e distribuídos em bandejas de isopor sobre bancada, conforme os tratamentos de AS aplicados.

Após o agrupamento, conforme as concentrações de AS aplicadas antes da colheita, as bandejas contendo os tratamentos foram separadas em dois grupos: num dos grupos os tomates não receberam revestimento e no outro grupo, tomates que foram revestidos com fécula de mandioca (3,5%). O revestimento dos tomates com fécula de mandioca foi por imersão dos frutos na solução de fécula de mandioca por um minuto. As condições de temperatura e umidade relativa do ar no laboratório foram medidas e encontram-se na Figura 2.

Figura 2 – Condições de temperatura (°C) e umidade relativa do ar do laboratório, ao longo dos dias de armazenamento em laboratório



2.2.5 Avaliações físico-químicas

Após a distribuição dos tomates no grupo que recebeu e que não recebeu revestimento de fécula de mandioca, foram realizadas análises físico-químicas dos frutos. Foram colocados 8 frutos por bandeja, sendo 1 fruto utilizado para as avaliações físico-químicas a cada 4 dias, totalizando 12 dias de armazenamento.

Foram determinados os teores de sólidos solúveis (SS) utilizando refratômetro digital, sendo os resultados expressos em °Brix e a acidez titulável (AT), expressa em

gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985). Foi calculada a relação SS/AT (*ratio*) (TRESSLER; JOSLYN, 1961).

O teor de açúcares solúveis totais foi analisado pela metodologia de Morris (1948) e Yemm e Willis (1954), expressos em $\mu\text{g uL}^{-1}$. Os resultados foram calculados a partir da curva padrão de glicose, onde pesou-se 0,010 g de glicose e dissolveu-se em água destilada, obtendo uma solução com volume final de 100 mL (balão volumétrico). Pesou-se 0,1 g de antrona e adicionou-se 45 mL de ácido sulfúrico concentrado. O conteúdo com antrona foi armazenado em frasco escuro, em geladeira. A curva padrão de glicose foi feita com concentração entre 0 e 500 μL e 2000 μL de antrona como reagente.

A firmeza de polpa dos frutos foi determinada com auxílio de penetrômetro digital Fruit Sclerometer, modelo PTR-500, empregando-se ponteira de 8 mm. As leituras foram realizadas em dois frutos inteiros com casca, em dois pontos opostos na região equatorial de cada fruto e os resultados foram expressos em kgf.cm^{-2} .

Para perda de massa fresca foram utilizados quatro frutos por bandeja e para o cálculo foi utilizado a diferença entre as pesagens de cada intervalo de tempo, sendo os resultados foram expressos em porcentagem (%).

2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística

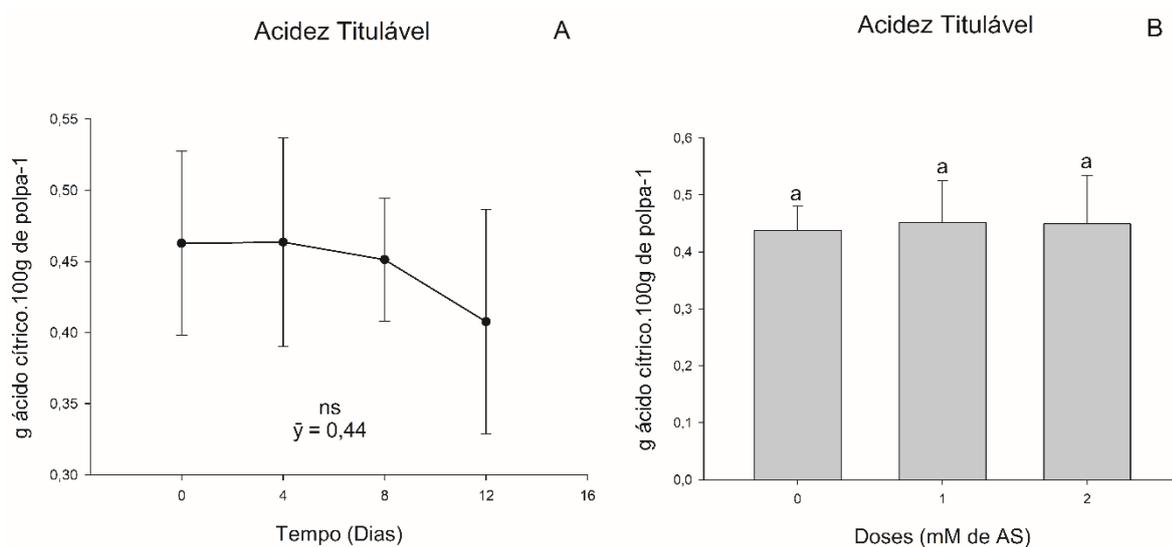
Foram realizados dois experimentos. Ambos os experimentos foram feitos em blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3, com quatro repetições. Porém, no primeiro avaliou-se apenas o efeito do AS aplicado, já no segundo também foi avaliado o efeito do revestimento comestível associado ao AS.

Para a análise estatística, os dados foram previamente submetidos ao teste de normalidade Ryan-Joiner (similar ao Shapiro Wilk) e teste de homogeneidade pelo teste de Levene, através do programa Minitab. Verificada a normalidade e homoscedasticidade dos dados, procedeu-se à análise de variância (teste F), sendo as médias comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa AGROESTAT[®]. Para as variáveis analisadas, foram construídos gráficos através do programa SIGMAPLOT versão 14.5.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da acidez titulável (AT) para tomates tratados apenas com AS não apresentaram diferença significativa (Figura 3) pelo teste Scott Knott. Resultado semelhante foi observado por Hellmann (2022) onde não houve diferenças estatísticas significativas para AT em tomates tratados com as mesmas concentrações de AS ao longo do ciclo. Segundo o autor, para que houvesse efeito significativo das concentrações de AS aplicadas, seria necessário, possivelmente, que o tratamento fosse feito diretamente no fruto.

Figura 3 – Acidez titulável (AT) da polpa de tomates sem revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM). Ns (não significativo). Letras minúsculas iguais entre colunas, não diferem estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade

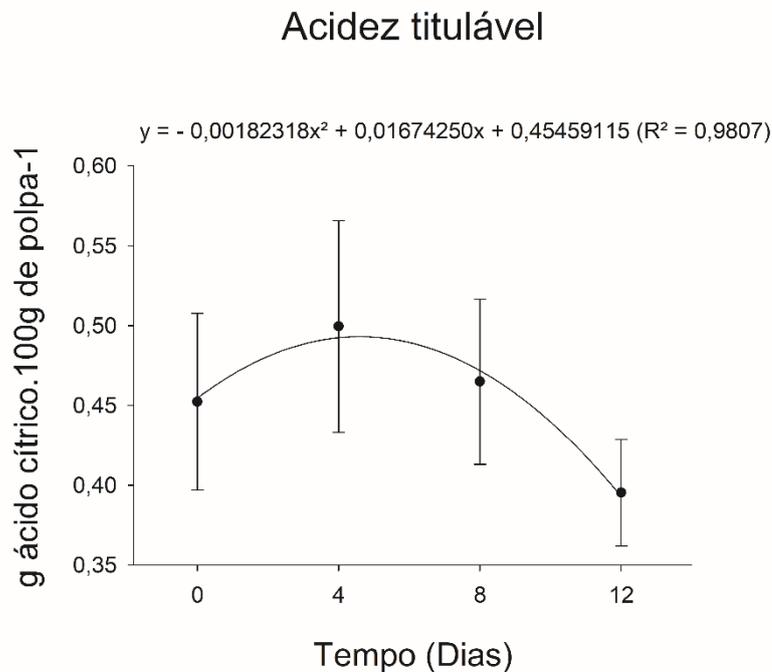


Alguns atributos sensoriais como doçura, acidez e firmeza da polpa de frutos são utilizados para determinação do sabor e preferência do consumidor (ANTUNES et al., 2014). A acidez é um importante indicador da qualidade de um fruto, uma vez que atua na conservação pós-colheita contra o ataque de micro-organismos e inibição de enzimas de degradação (ROSA et al., 2020).

Os tomates que, além das concentrações de AS, receberam revestimento à base de fécula de mandioca, apresentaram resultados estatísticos significativos em AT, apenas para o fator tempo, cujo comportamento da curva se ajustou à forma quadrática (Figura 4). É notável que o menor teor de acidez ocorreu aos 12 dias de avaliação, esta redução durante o armazenamento está associada ao processo normal de evolução da maturação, na qual os ácidos orgânicos são metabolizados

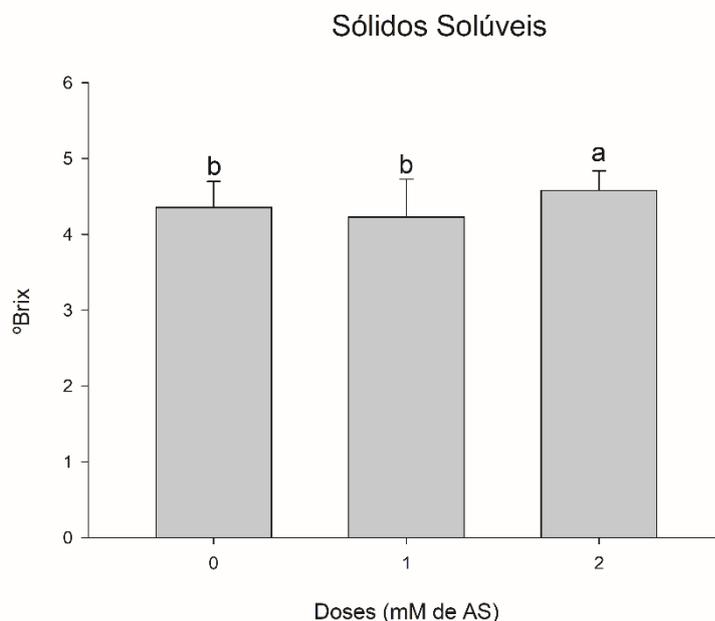
pela via respiratória e convertidos em moléculas não ácidas (ONIAS et al., 2018). Carvalho et al. (2022) observaram o mesmo comportamento com acidez dos frutos de tomates reduzindo progressivamente ao longo do tempo. Em um trabalho realizado por Gomes et al. (2021), os autores não encontraram diferença estatística significativa entre as concentrações 0, 1,0 e 2,0 mM, de AS aplicadas em uva, mas observaram a redução da acidez para todas as concentrações ao longo de 12 dias de armazenamento.

Figura 4 – Acidez titulável (AT) da polpa de tomates com revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM), ao longo de 12 dias de armazenamento.



O teor de sólidos solúveis (SS) em tomates tratados apenas com doses de AS, foi significativamente influenciado pelos tratamentos com diferentes concentrações de AS, mas não apresentou efeito significativo para o tempo de armazenamento (Figura 5).

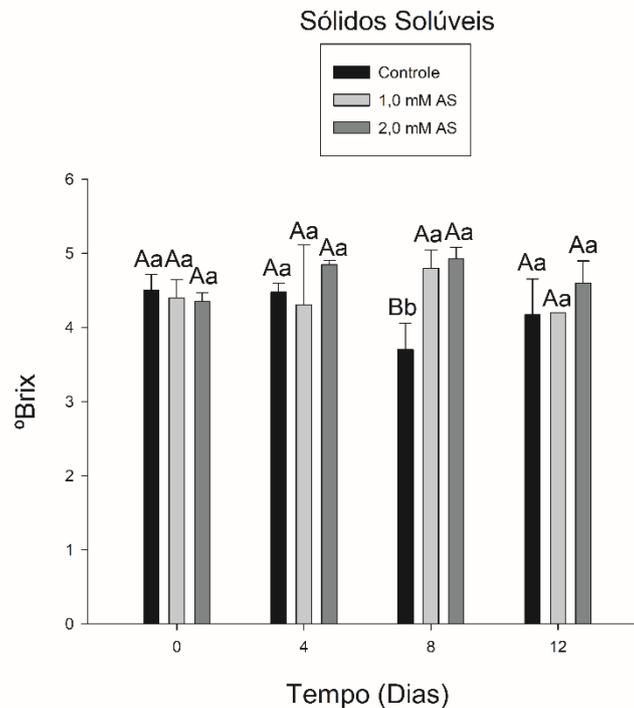
Figura 5 – Teores de sólidos solúveis (SS) da polpa de tomates sem revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM). Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem significativamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



Polpa de frutos de tomate tratados com 2,0 mM de AS apresentou o maior teor de SS. O pico de produção dos açúcares solúveis se dá durante o amadurecimento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Assim, os resultados sugerem que, a maior concentração de AS acelerou o processo de amadurecimento dos frutos quando comparada aos demais tratamentos. Esse comportamento também foi observado por Rosa et al. (2020) com a aplicação de AS em morangos, no qual a polpa dos frutos tratados com 2,0 mM de AS apresentou o maior teor de sólidos solúveis e as polpas tratadas nas concentrações de 0,0 e 1,0 mM apresentaram os menores teores. Segundo os autores concentrações superiores a 1,0 mM de AS não foram suficientes para manter características físico-químicas, como SS, dos frutos. Os autores, assim como no presente trabalho, realizaram apenas uma aplicação de AS para preservação pós-colheita dos morangos.

Houve interação significativa entre os fatores para os dados de SS de tomates tratados com AS e revestimento comestível (Figura 6).

Figura 6 – Teor de sólidos solúveis (SS) da polpa de tomates com revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Letras maiúsculas iguais nas colunas em diferentes épocas de armazenamento e letras minúsculas iguais entre colunas dentro da mesma época de armazenamento, não diferem-se estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



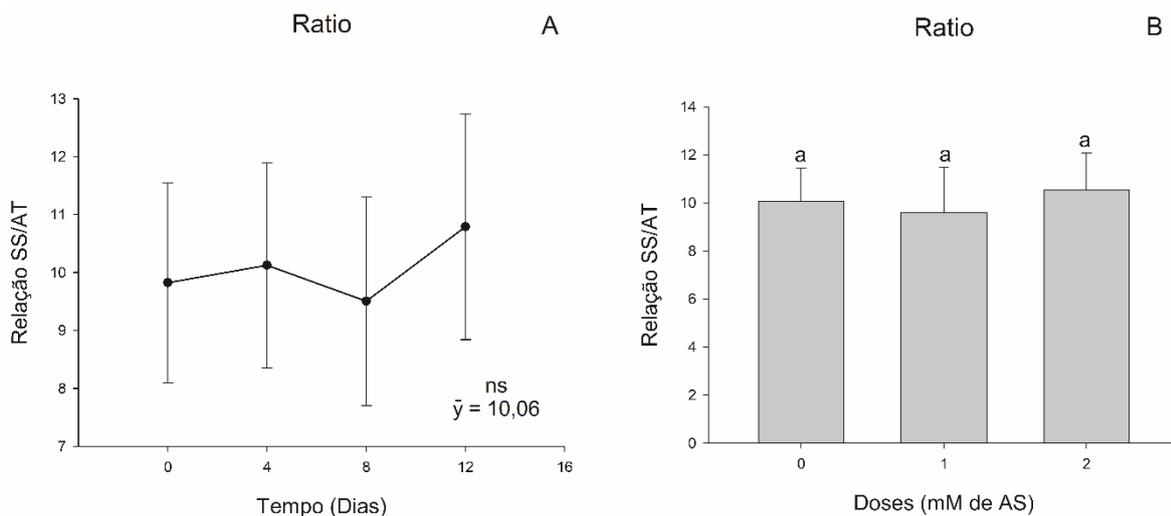
Fonte: SigmaPlot

Frutos de tomate sob aplicação de fécula de mandioca, tratados em pré colheita com AS, foram influenciados pela interação dos fatores estudados (concentração de AS x tempo). Aos oito dias de armazenamento dos frutos, a aplicação de 1,0 e 2,0 mM de AS proporcionou efeitos semelhantes de SS, mas foram superiores ao controle, porém nos demais tempos, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Assim como o resultado encontrado por Rossarolla (2012), em que os teores de sólidos solúveis não diferiram entre concentrações de AS ao longo de 12 dias de armazenamento de laranja. Hellmann (2022) aplicou diferentes concentrações de AS ao longo do ciclo do tomateiro, mas também não observou diferença estatística de SS de tomate que receberam entre 0,0 e 2,0 mM de AS, ao longo de 14 dias de armazenamento, ou seja, já na fase pós-colheita. Segundo o autor, um tratamento direto nos frutos seria mais recomendado.

Em relação ao revestimento com fécula de mandioca, Freitas Junior et al. (2020) realizaram um experimento onde observaram o efeito da fécula de mandioca (3,5%), saco hermético plástico e associação dos dois tratamentos em goiaba. O teor de sólidos solúveis em goiaba não diferiu ao longo de 12 dias de armazenamento e não foi observada diferença estatística entre o controle e o tratamento com revestimento de fécula de mandioca. A associação dos tratamentos também não diferiu estatisticamente do tratamento apenas com o revestimento, mas a polpa de goiabas tratadas apenas com saco hermético plástico, apresentou menor teor de SS. Possivelmente, a associação entre o saco plástico e a fécula de mandioca não foi suficiente para retardar a maturação de goiabas. Isso pode ter relação com o presente trabalho, em que a associação entre a fécula de mandioca e o AS, não apresentaram redução de SS.

A *ratio* (relação SS/AT) dos tomates tratados apenas com doses AS, não apresentou diferenças estatísticas significativas para os fatores e interação entre eles (Figura 7).

Figura 7 – *Ratio* (relação SS/AT) da polpa de tomates sem revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM). Ns (não significativo). Letras minúsculas iguais entre colunas, não diferem-se estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade

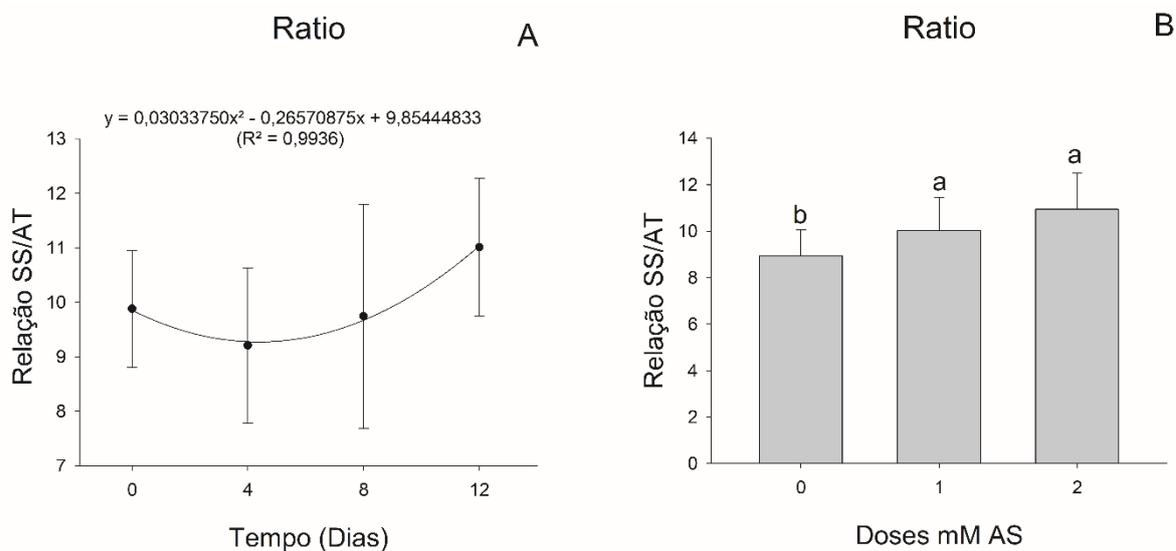


A relação SS e AT é um dos melhores parâmetros para avaliar o sabor característico dos frutos, demonstrando equilíbrio entre os açúcares e ácidos dos

frutos, sendo mais importante que a medição isolada de açúcares ou acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Segundo Carvalho et al. (2022) a alta relação de SS/AT em tomate demonstram também maior amadurecimento dos frutos, uma vez que, esta relação se dá pela redução da acidez e aumento dos sólidos solúveis.

Nos tomates que também receberam o revestimento com fécula de mandioca houve efeito significativo individual do tempo de armazenamento e das concentrações de AS (Figura 8).

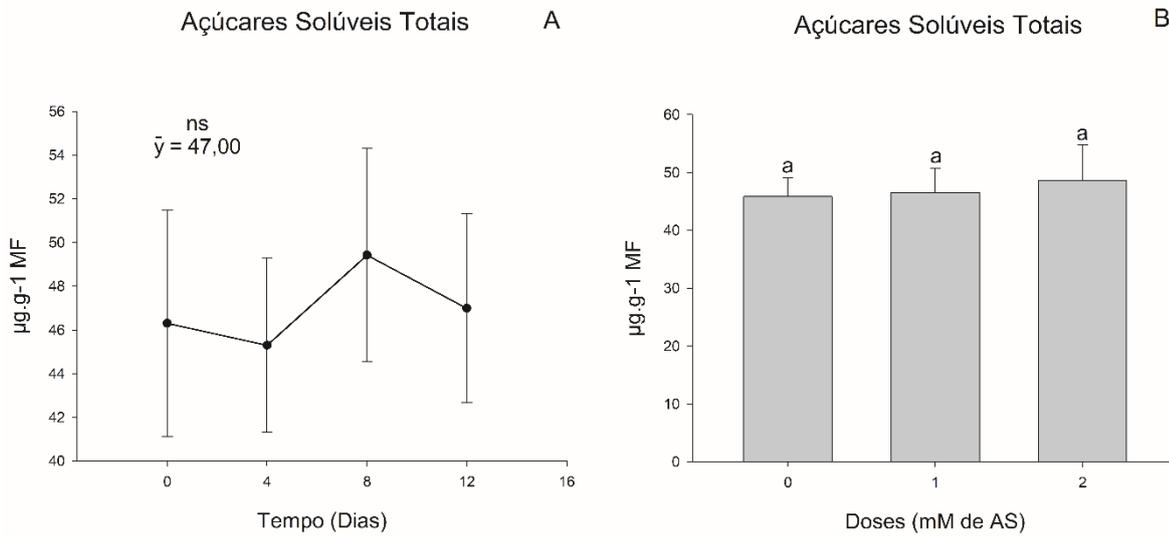
Figura 8 – *Ratio* (relação SS/AT) da polpa de tomates com revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo dos dias de armazenamento (A) e em relação as concentrações de AS (B). Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



Maior relação SS/AT foi observado aos 12 dias de avaliação (figura 8). Quanto às concentrações de AS, a maior relação SS/AT foi apresentada nas concentrações de 1,0 e 2,0 mM, sendo estatisticamente iguais, mas superiores ao controle, sugerindo que a as concentrações de AS e fécula de mandioca aceleraram o amadurecimento dos frutos, indicando que esta combinação apresentou efeito contrário ao esperado, aumentando o teor de SS e diminuindo a concentração da acidez.

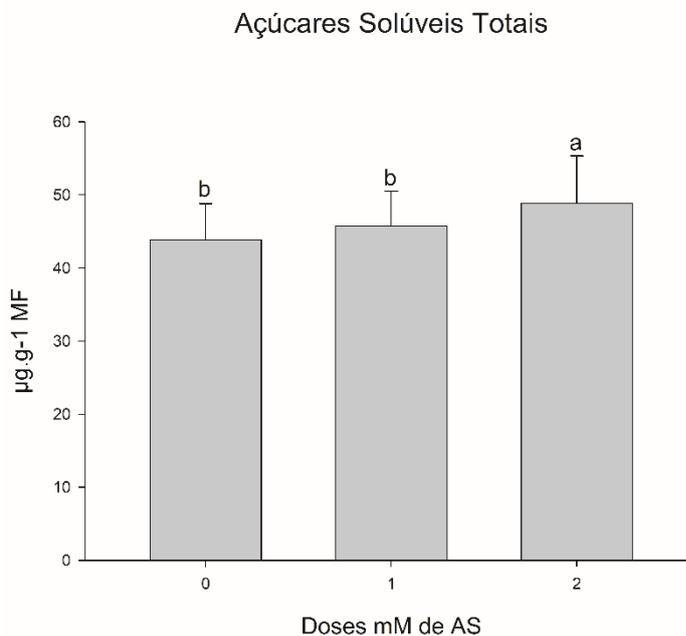
Os teores de açúcares solúveis totais (AST) não foram influenciados significativamente pelas diferentes concentrações de ácido salicílico (Figura 9).

Figura 9 – Teores de açúcares solúveis totais (AST) da polpa de tomates sem revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM). Ns (não significativo). Letras minúsculas iguais entre colunas, não diferem-se estatisticamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



Já para os tomates tratados com AS e revestimento de fécula de mandioca houve efeito significativo das concentrações de AS (Figura 10).

Figura 10 – Teores açúcares solúveis totais (AST) da polpa de tomates com revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS) nas concentrações 0, 1,0 e 2,0 mmol.L⁻¹ (mM). Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem significativamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



Os sólidos solúveis acumulam-se no final da fase de maturação, sendo constituídos por apenas 65% de açúcares e representam a porcentagem (em massa) de sólidos que se encontram dissolvidos na água do alimento (NASCIMENTO et al., 2013). Logo, a quantificação de AST é outra forma de aferir o conteúdo de açúcar com maior precisão.

Os AST são em sua maior parte, constituídos pela sacarose, glicose e frutose sendo o primeiro o principal açúcar transportado no floema (TAIZ et al., 2017). Na Figura 10 é possível notar que a concentração de 2,0 mM de AS promoveu maior acúmulo de AST em comparação com as demais concentrações.

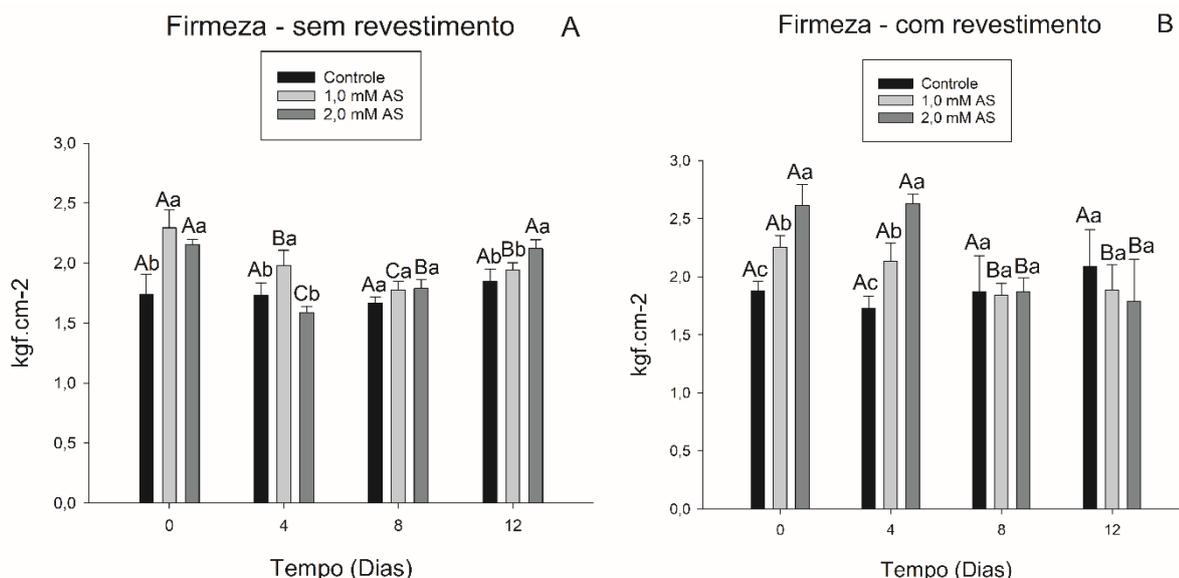
Esse fato sugere que essa concentração de AS juntamente com o revestimento com fécula de mandioca pode não ter sido eficiente no atraso do amadurecimento de frutos de tomate. Possivelmente, houve uma ação deletéria entre a dose e a concentração de fécula, pois em uma pesquisa realizada por Castro et al., (2017), em que os autores utilizaram fécula de mandioca associada a 2,0 mmol.L⁻¹ de AS na conservação pós colheita de mamão, verificaram que não houve diferença estatística do conteúdo de açúcares ao longo dos dias de armazenamento. Entretanto, eles utilizaram apenas 0,5% de concentração de fécula de mandioca como revestimento.

Segundo Oliveira et al. (2015), películas contendo concentrações de fécula de mandioca acima de 3%, tem influência nas trocas gasosas do fruto com o ambiente, podendo influenciar negativamente no amadurecimento de tomate. Além disso, segundo Rosa et al. (2020), concentrações acima de 1,0 mM de AS podem não retardar a produção do conteúdo de açúcares de frutos armazenados.

A firmeza dos frutos é um dos principais atributos de qualidade observados pelo consumidor e, portanto, é extremamente importante na aceitação geral do produto (ONIAS et al., 2018). Esta é uma característica física que influencia diretamente na qualidade pós-colheita dos mesmos, uma vez que tomates são frutos altamente perecíveis e que necessitam de cuidados no manuseio, transporte e armazenamento (SANTOS et., 2018).

A firmeza dos tomates tratados apenas com AS apresentou interação significativa em relação ao tempo de armazenamento e doses, assim como, àqueles revestidos com fécula de mandioca (Figura 11).

Figura 11 – Firmeza dos tomates (kgf.cm^{-2}) sem revestimento (A) e com revestimento (B) de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Letras maiúsculas iguais nas colunas em diferentes épocas de armazenamento e letras minúsculas iguais entre colunas dentro da mesma época de armazenamento, não diferem-se significativamente pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



A firmeza dos frutos tratados apenas com AS no primeiro dia de avaliação, foi maior para as concentrações de 1,0 e 2,0 mM se comparadas ao controle. No entanto, aos 12 dias de avaliação, as concentrações de 0,0 e 2,0 mM mantiveram a firmeza dos frutos, se comparada com o primeiro dia, diferente da concentração de 1,0 mM de AS que reduziu a firmeza com o passar do tempo, apresentando variação de 15,65% entre o primeiro e último dia de avaliação. Aos 12 dias de armazenamento, a firmeza dos tomates tratados com 2,0 mM de AS foi a maior entre as demais concentrações (Figura 11A). Em frutos de tomate, a perda de água influencia diretamente na qualidade e atratividade dos frutos, uma vez que, a perda de turgescência das células torna os frutos enrugados e flácidos (SANTOS, 2018), influenciando diretamente na firmeza destes e na aparência dos frutos.

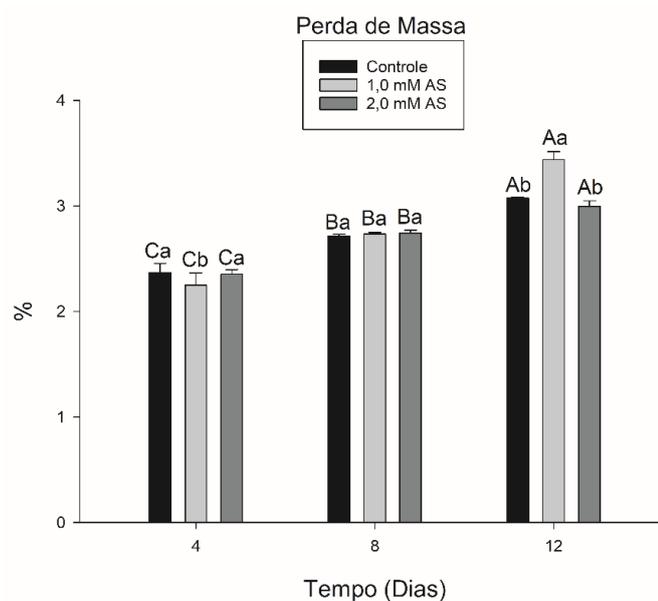
Báez-Sañudo et al. (2018) apresentam resultados que corroboram com os do presente trabalho. Dados deste trabalho revelaram que tomates tratados com AS em concentrações próximas ou acima de 2,0 mM na mudança de coloração do fruto, apresentaram maior firmeza que o controle aos 12 dias de avaliação.

A firmeza dos tomates que receberam AS e revestimento, também diferiu estatisticamente do controle no primeiro dia de avaliação, apresentando os maiores valores. Aos 12 dias de avaliação não houve diferença estatística entre as concentrações de AS, porém houve redução da firmeza entre as concentrações de ácido salicílico entre o primeiro e o 12º dia de armazenamento. Báez-Sañudo et al. (2018) também utilizaram o AS associado ao revestimento comestível e observaram que aos 12 dias de armazenamento os tomates, que foram tratados desta forma, não apresentaram diferença significativa do controle.

Porém, as doses contendo AS associadas ao revestimento à base de fécula de mandioca, apresentaram a maior variação de redução da firmeza entre o 1º e 12º dia de armazenamento, sendo 31,67 e 16,37% para as doses 2,0 e 1,0 mmol.L⁻¹ de AS, respectivamente.

A perda de massa fresca dos tomates que foram tratados apenas com AS, apresentaram interação significativa entre concentrações de AS e o tempo de armazenamento (Figura 12).

Figura 12 – Perda de massa dos tomates sem revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo de 12 dias de armazenamento. Letras maiúsculas iguais nas colunas em diferentes épocas de armazenamento e letras minúsculas iguais entre colunas dentro da mesma época de armazenamento, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade

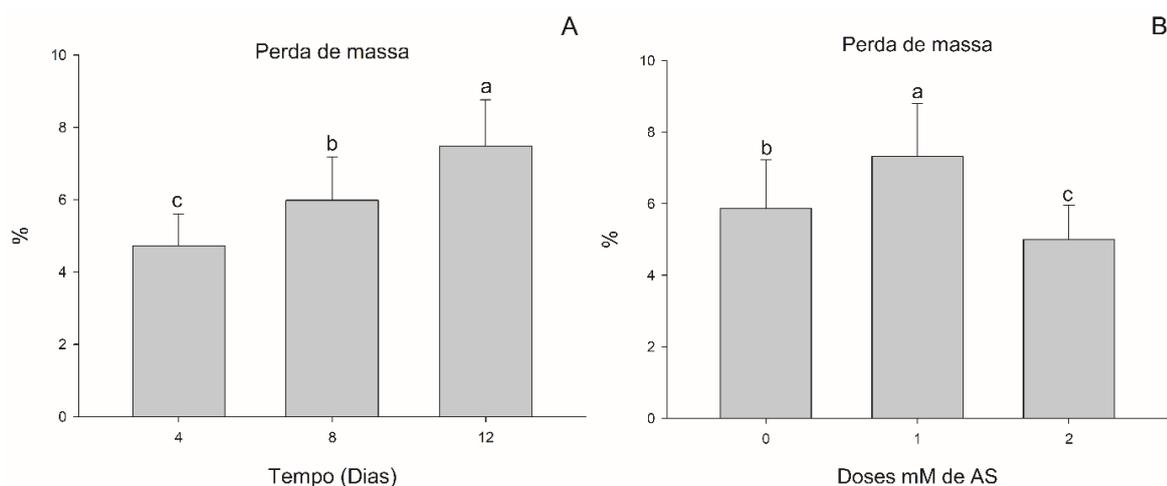


A perda de massa, que está diretamente relacionada à perda de água, é uma reação metabólica respiratória que ocorre após a colheita e afeta diretamente a qualidade de frutos climatéricos (RODRIGUES et al., 2020). A perda de massa dos tomates tratados apenas com AS apresentou diferença significativa ao longo de todos os dias de armazenamento, sendo maior no 12º dia. Este comportamento já era previsto, tendo em vista que isto ocorre naturalmente no processo de amadurecimento dos frutos climatéricos (CARVALHO et al., 2022).

No 12º dia de armazenamento, a concentração de 1,0 mM de AS foi o tratamento que promoveu a maior perda de massa, diferindo estatisticamente dos demais. Este resultado é coerente com os dados de firmeza apresentada na Figura 11 – A, em que a referida dose apresentou a maior variação de firmeza (15,65%). Frutas com maior firmeza apresentam menor perda de massa (FREITAS JUNIOR et al., 2020).

Para os tomates que receberam revestimento à base de fécula de mandioca, além das concentrações de 0,0; 1,0 e 2,0 mM de AS, os resultados foram significativos em relação ao tempo, mas de forma individual (Figura 13).

Figura 13 – Perda de massa de tomates com revestimento de fécula de mandioca, tratados em pré-colheita com ácido salicílico (AS), ao longo dos dias de armazenamento (A) e em relação as concentrações AS (B). Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade



A perda de massa ao longo dos dias de armazenamento é inerente aos frutos climatéricos como visto anteriormente. Entretanto, esta significativa perda de massa dos frutos em relação ao tempo, pode estar relacionada ao uso da fécula de mandioca.

Freitas Junior et al. (2020) identificaram que o revestimento à base de fécula de mandioca na concentração de 3,5% proporcionou maior perda de massa aos 12 dias de armazenamento em relação aos demais tratamentos, assim como no presente trabalho. A espessa camada da película pode ter afetado o processo normal de amadurecimento (OLIVEIRA et al., 2015).

Já para os resultados das concentrações de AS, 1,0 mM de AS também apresentou a maior perda de massa, assim como nos tomates que foram tratados apenas com AS. Estes dados também corroboram com a firmeza observada na Figura 11 – B, na qual a concentração de 1,0 mM de AS apresentou a segunda maior redução desta variável ao longo dos 12 dias de avaliação.

Nota-se que a associação do revestimento a base de fécula de mandioca (3,5%) e de pelos menos uma das doses contendo ácido salicílico, não apresentaram resultados esperados para a manutenção da qualidade pós-colheita de tomate. Os dados de relação SS/AT (*ratio*), AST, firmeza e perda de massa, indicam esta afirmação, com destaque para a combinação entre a película estudada e a dose 2,0 mmol.L⁻¹ de AS.

2.4 CONCLUSÕES

As concentrações de ácido salicílico aplicadas sozinhas e associadas ao revestimento de fécula de mandioca na concentração de 3,5% não contribuíram para a manutenção dos atributos físico-químicos avaliados, após a colheita de tomates de mesa. Não sendo recomendada, portanto, a associação desses tratamentos na manutenção da qualidade pós-colheita de tomates.

2.5 REFERÊNCIAS

ANTUNES, M. C CUQUEL, F. L.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MOGOR, A. F.; RESENDE, J. T. V. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura brasileira**, v. 32, n. 2, 2014.

ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 502-509, 2010.

BÁEZ-SAÑUDO, R. MERCADO-RUIZ, J. N.; GARCÍA-ROBLES, J. M.; VALLE-SOTELO, E. G.; FALCÓN-VERDUGO, L. P.; MARTÍNEZ-GÁRATE, A. A.;

HERRERA-CEBREROS, J. M. Ácido Acetilsalicílico y cubiertas comestibles para la conservación de frutos: Tomate como modelo. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v 19, n. 1, 2018.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018, 535 p. ISBN: 978-65-86383-0

CARVALHO, S. A. FIGUEIRA NETO, A.; COSTA, M. S.; COSTA, J. D. S.; PEREIRA FILHO.; A. P.; ARAGÃO, C. A. Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate. **Society and Development**, v. 11, n.9, 2022.

CASTRO, M.; MANTUANO, M. I.; COLOMA, J. L.; SANTACRUZ, S. Utilisation of cassava starch edible films containing salicylic acid on papaya (carica papaya L.) Preservation. **Revista Politécnica**, v. 39, n. 1, p. 1-6, 2017.

CHITARRA; CHITARRA – 2005 - CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. Post-harvest of fruits and vegetables: Physiology and handling. Lavras: UFLA, 2005.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Compêndio de estudos Conab / Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense**. Brasília: Conab, 2019. 21 p. ISSN: 2448-3710

FERRAZ, E. O.; EVANGELISTA, R. M.; CLÁUDIO, M. T. R.; SOARES, L. P. R.; SILVA, B. L.; CARDOSO, A. I. I. Características físico-químicas em tomates cereja tipo Sweet Grape envolvidos por diferentes películas protetoras. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, 2012.

FREITAS JÚNIOR, F. G. B. F.; SANTOS, M. P.; MOURA, M. S.; DUARTE, L. G.; MACEDO, K. B. C.; SILVA, M. S.; ALMEIDA, E. I. B.; NEVES JUNIOR, A. C. V.; ARAÚJO, J. R. G.; OLIVEIRA, L. B. T. Uso de embalagem plástica e comestível para conservação de goiaba sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.4, p.463-473, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0039>

GOMES, E. P.; BORGES, C. V.; MONTEIRO, G. C; BELIN, M. A. F.; MINATEL, I. O.; PIMENTEL JUNIOR, A.; TECCHIO, M. A.; LIMA, G. P. P. Preharvest salicylic acid treatments improve phenolic compounds and biogenic amines in 'Niagara Rosada' table grape. **Postharvest Biology and Technology**, v. 176, 2021. DOI: 1016/j.postharvbio.2021.111505

GUERRA, A. M. N. M. COSTA, A. C. M; FERREIRA, J. B. A.; TAVARES, P. R. F.; VIEIRA, T. S. Perdas pós-colheita em hortaliças provocadas por danos narede varejista de santarém-PA. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 2, p.106-114, 2018.

- HELLMANN, S. S. **Aplicação foliar de ácido salicílico: aspectos fisiológicos e produtividade do tomateiro**. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2022.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2 ed. São Paulo, v.1, 1985, 371p.
- LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8-15, 2012.
- MORRIS, D. L. Quantitative Determination of Carbohydrates With Dreywood's Anthrone Reagent. **Science**, v.107, n.2775, p.254-5, 1948.
- NASCIMENTO, A.R.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635. 2013.
- NEVES JUNIOR, A. C. V.; CONEGLIAN, R. C. C.; SOARES, A. G.; FREITAS, D. G. C.; FONSECA, M. J. O.; BARBOZA, H. T. G. Evaluation of Refrigerated Storage of 'Mikado' Fresh Persimmon Using Edible Coatings. **Acta Horticulturae**, v.1012, n.1, p.1517-1522, 2013. DOI: <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1012.206>
- OLIVEIRA C.M.; CONEGLIAN, R. C. C.; CARMO, M. G. F. Conservação pós-colheita de tomate cereja revestidos com película de fécula de mandioca. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 471 – 479, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000400011>
- ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; MEDEIROS, M. L. S.. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 849-86, 2018.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644. 2007.
- PEREIRA, F. S.; MAGALHÃES, E. M. Aplicabilidade da ferramenta PDCA no transporte logístico fluvial de hortifrúti tomate. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p.27946-27957, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n3-485
- RANDJELOVIC, P. VELJKOVIĆ, S.; STOJILJKOVIĆ, N.; SOKOLOVIĆ, D.; ILIĆ, I.; LAKETIĆ, D.; RANDJELOVIĆ, D.; RANDJELOVIĆ, N. The Beneficial Biological Properties of Salicylic Acid. **Acta facultatis medicae naissensis**, v. 32, n. 4, p. 259-265, 2015. DOI: 10.1515/afmnai-2015-0026
- RODRIGUES, H. G. A. SIQUEIRA, A. C. P.; SANTANA, L. C. L. Application of edible coatings based on chitosan and cassava starch incorporated with tamarind seed extract in the preservation of guavas. **Society and Development**, v. 9, n. 6, 2020.

ROSA, G. LIMA, C. S. M.; SANTOS, J. R. Ácido Salicílico na pós-colheita de morangos cultivar San Andreas. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 21, n. 1, 2020.

ROSSAROLLA, M. D.; TOMAZETTI, T. C.; COPATTI, A. S.; MONTEIRO, A. M.; RIGHI, P. S.; AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. S. O ácido salicílico em pré-colheita influencia o controle pós-colheita de *penicillium digitatum* de laranja 'Salustiana'?. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 13, p. 140-145, 2012.

SANTOS, J. M. S. M.; FIGUEIREDO, S. N.; RAMOS, V. C.; SANTANA, S. F.; CERQUEIRA, R. M. S.; SILVA, J. M.; OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; FREITAS, M. I. Qualidade pós-colheita de duas variedades de tomates. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 6550, 2018.

SUPAPVANICH, S.; PROMYOU, S. **Efficiency of Salicylic Acid Application on Postharvest Perishable Crops**. Editora Springer, 2013. cap. 15. p. 339-355. DOI: 10.1007/978-94-007-6428-6

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Editora ARTMED EDITORA LTDA, 2017. 858 p.

TEXEIRA, I. S.; RUFINO, M. S. M.; PINTO, C. M.; ALMEIDA, A. O. G. Causas de perdas pós-colheita em cultivares de tomates comercializados na Ceasa, Ceará. **Revista Verde**, v. 17, n. 2, p. 135-142, 2022. DOI: 10.18378/rvads.v17i2.9286

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. Fruits and vegetables juice processing technology. **Westport: CONN. AVI**, p. 1028. 1961.

VON CAEMMERER, S.; FARQUHAR, G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, v.153: 376-387, 1981.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ter comprovada ação de sua capacidade antioxidante, indução da resistência sistêmica adquirida (RSA), indução de resistência contra estresses bióticos e abióticos e deterioração fúngica pós-colheita, as concentrações de ácido salicílico aplicados em pré-colheita não apresentaram os resultados esperados para a manutenção da qualidade pós-colheita de tomate, sugerida na presente pesquisa. Possivelmente, fatores como apenas uma aplicação deste regulador vegetal, podem ter contribuído para a obtenção destes resultados.

Assim, como sugerido por outras pesquisas, a aplicação de ácido salicílico durante todo o ciclo do tomateiro, bem como a direta aplicação do regulador nos frutos, podem ser a melhor maneira de expressar a sua capacidade de manutenção da qualidade pós-colheita. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados observados, é a temperatura do local de armazenamento. Para frutos climatéricos, como o tomate, indica-se temperaturas mais amenas para sua conservação. Além disso, a fécula de mandioca como revestimento comestível, não foi ideal como atmosfera modificada passiva em tomates. Isto, pode ter relação com uma concentração alta de fécula em relação aos frágeis tecidos do tomate, influenciando negativamente na respiração e transpiração do fruto.

Por isso, é preciso um estudo com maior número de aplicações de ácido salicílico em tomateiro, aplicação direta do ácido nos frutos durante a pós-colheita, temperaturas mais baixas no ambiente de armazenamento e menor concentração de fécula de mandioca como revestimento, a fim de se prologar a vida útil pós-colheita de tomate.

REFERÊNCIAS

- ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 502-509, 2010.
- BABALAR, M.; ASGHARI, M.; TALAEI, A.; KHOSROSHAHI, A. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. **ScienceDirect**, v. 105, p. 449-453, 2007.
- BORSATTI, F. C.; M AZARO, S. M.; DANNER, M. A.; NAVA, G. A.; DALACOSTA, N. L. Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 318-326, 2015.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Compêndio de estudos Conab / Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense**. Brasília: Conab, 2019. 21 p. ISSN: 2448-3710
- COSTA NETA, C. M.; MARTINS, A. K. V.; AMORIM, D. J.; SILVA, M. S.; FERREIRA, L. S.; SILVA, M. D. C.; PIRES, I. C. G.; ALMEIDA, E. I. B. Perdas pós-colheita e destinação final de frutas em segmentos comerciais de Teresina (PI). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.3, p.440-453, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0034>
- FARIAS, R. M.; BARRETO C. F.; KIRINUS, M. B. M.; SILVA, P. S.; MALGARIM, M. B. Crescimento fúngico reduz com a aplicação de ácido salicílico na pós-colheita de pêssego 'Chiripá'. **Revista da jornada de pós-graduação e pesquisa**, v. 8, p. 371-380, 2016.
- FREITAS JÚNIOR, F. G. B. F.; SANTOS, M. P.; MOURA, M. S.; DUARTE, L. G.; MACEDO, K. B. C.; SILVA, M. S.; ALMEIDA, E. I. B.; NEVES JUNIOR, A. C. V.; ARAÚJO, J. R. G.; OLIVEIRA, L. B. T. Uso de embalagem plástica e comestível para conservação de goiaba sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.4, p.463-473, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0039>
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**.3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 413p.
- KHAN; M. I. R.; POOR, P.; JANDA, T. Salicylic Acid: A Versatile Signaling Molecule in Plants. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 41, p. 1887–1890, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10692-4>
- LOLAEI, A. KAVIANI, B.; REZAEI, M. A.; RAAD, M. K.; MOHAMMADIPOUR, R.. Effect of Pre- and Postharvest Treatment of Salicylic Acid on Ripening of Fruit and Overall Quality of Strawberry (*Fragaria ananasa* Duch cv. Camarosa) Fruit. **Annals of Biological Research**, v. 3, n.10, p. 4680-4684, 2012.

LOPES, A. R.; DRAGUNSKI, D. C.; CAETANO, J.; FRANCISCO, C. B.; BONFIM JÚNIOR, L. F. Conservação de goiabas com revestimentos comestíveis de amido e caseína com extrato de barbatimão. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 26, n. 4, p. 295-305, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i4.928>

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 1, p. 8-15, 2012.

MENEZES, K. R. P.; SANTOS, G. C. S.; OLIVEIRA, O. M.; SANCHES, A. G.; CORDEIRO, C. A. M.; OLIVEIRA, A. R. G. Influência dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n.3, p.14-28, 2017. DOI: 10.5747/ca.2017.v13.n3.a170

NASCIMENTO, A.R.; SOARES JUNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 628-635. 2013.

NEVES JUNIOR, A. C. V.; CONEGLIAN, R. C. C.; SOARES, A. G.; FREITAS, D. G. C.; FONSECA, M. J. O.; BARBOZA, H. T. G. Evaluation of Refrigerated Storage of 'Mikado' Fresh Persimmon Using Edible Coatings. **Acta Horticulturae**, v.1012, n.1, p.1517-1522, 2013. DOI: <http://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1012.206>

ONIAS, E. A.; TEODOSIO, A. E. M. M.; BOMFIM, M. P.; ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.; MEDEIROS, M. L. S.. Revestimento biodegradável à base de *Spirulina platensis* na conservação pós-colheita de goiaba Paluma mantidas sob diferentes temperaturas de armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 849-86, 2018.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; CORDEIRO, C. A. M. Qualidade e resistência pós-colheita de jabuticabas tratadas com ácido salicílico. **Acta Iguazu**, v. 4, p. 28-40, 2015.

SIDRA – SISTEMA BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, dez. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 5 jan 2023.

SUPAPVANICH, S.; PROMYOU, S. Efficiency of Salicylic Acid Application on Postharvest Perishable Crops. **Springer**, 2013. cap. 15. p. 339-355. DOI: 10.1007/978-94-007-6428-6

TEXEIRA, I. S.; RUFINO, M. S. M.; PINTO, C. M.; ALMEIDA, A. O. G. Causas de perdas pós-colheita em cultivares de tomates comercializados na Ceasa, Ceará. **Revista Verde**, v. 17, n. 2, p. 135-142, 2022. DOI: 10.18378/rvads.v17i2.9286

TRESSLER, D. K.; JOSLYN, M. A. Fruits and vegetables juice processing technology. **Westport: CONN. AVI**, p. 1028. 1961.

VESPUCCI, I. L.; SILVA, D. D. A.; MACHADO, V. S.; CAMPOS, A. J. Conservação de maracujá silvestre sob atmosfera modificada passiva. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia*, v. 13, n. 3, p. 32-43, 2018.