

RAMON DE MARCHI GARCIA

**APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA E ÁCIDO SALICÍLICO PARA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE ABACATE ‘HASS’**

Botucatu

2026

RAMON DE MARCHI GARCIA

**APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA E ÁCIDO SALICÍLICO PARA
CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE ABACATE ‘HASS’**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia/Horticultura

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes
Vieites

**Botucatu
2026**

G216a	Garcia, Ramon Aplicação de aminoetoxivinilglicina e ácido salicílico para conservação pós-colheita de abacate 'Hass' / Ramon Garcia. -- Botucatu, 2026 134 p. : il., tabs., fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientador: Rogério Lopes Vieites 1. Abacate. 2. Compostos bioativos. 3. Armazenamento. 4. Acido salicilico. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Dados fornecidos pelo autor(a).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: APLICAÇÃO DE AMINOETOXIVINILGLICINA E ÁCIDO SALICÍLICO PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE ABACATE 'HASS'

AUTOR: RAMÓN DE MARCHI GARCIA

ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

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

Documento assinado digitalmente
 **ROGÉRIO LOPES VIEITES**
Data: 03/02/2026 09:56:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES (Participação Virtual)
Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Documento assinado digitalmente
 **LEANDRO TIMONI BUCHDID CAMARGO NEVES**
Data: 06/02/2026 17:50:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LEANDRO TIMONI BUCHDID CAMARGO NEVES (Participação Virtual)
Fitotecnia / UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA

Documento assinado digitalmente
 **ELISANGELA MARQUES JERONIMO TORRES**
Data: 06/02/2026 20:43:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr.^a ELISANGELA MARQUES JERONIMO TORRES (Participação Virtual)
. / APTA - Polo Regional Centro Oeste - Bauru

Documento assinado digitalmente
 **JULIANA AUDI GIANNONI**
Data: 08/02/2026 21:51:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a JULIANA AUDI GIANNONI (Participação Virtual)
Ciências dos Alimentos / Faculdade de Tecnologia de Marília

Documento assinado digitalmente
 **MARIA CECÍLIA DE ARRUDA**
Data: 06/02/2026 19:03:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Científico VI MARIA CECÍLIA DE ARRUDA (Participação Virtual)
Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Bauru / Apta Regional - Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

Botucatu, 06 de fevereiro de 2026.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser presença essencial em minha vida, concedendo-me paciência e sabedoria para enfrentar os desafios ao longo desta caminhada.

Aos meus amados pais, Maria José De Marchi Garcia e Joaquim Garcia Junior, pelo constante apoio, incentivos e pelos valores transmitidos.

Ao meu amor Thatiane Nepomuceno Alves, minha companheira de vida que me apoiou desde o começo e me elevou como profissional e pessoa.

Ao Prof. Dr. Rogério, pela valiosa orientação, pelos ensinamentos e pelo exemplo de dedicação profissional, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (UNESP) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Horticultura), pelas condições oferecidas para o desenvolvimento desta pesquisa.

A CAPES, pelo auxílio financeiro desde o começo do doutorado. Por fim, a todos os amigos e familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização e conclusão desta tese.

Aos amigos e colegas, pelo companheirismo e pela colaboração em todos os momentos.

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

RESUMO

Frutas climatéricas amadurecem sob a ação do etileno, um hormônio vegetal chave nesse processo. Estender sua vida útil sem comprometer a qualidade pós-colheita é um dos grandes desafios. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações na qualidade físicas, química e bioquímicas do abacate cv. Hass (*Persea americana* Mill.) submetido a tratamentos pós-colheita com ácido salicílico (AS) e aminoetoxivinilglicina (AVG). Os frutos utilizados nos experimentos foram provenientes da fazenda Jaguacy, situada no município de Bauru, SP. Para cada produto avaliado, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo (4 × 6; tratamentos × períodos de armazenamento), em que as parcelas corresponderam aos tratamentos e as subparcelas aos seis tempos de armazenamento: 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento (DA). Os abacates foram submetidos à imersão por 5 minutos em soluções de ácido salicílico (AS) nas concentrações de 1, 2 e 3 mM, bem como de aminoetoxivinilglicina (AVG) nas concentrações de 500, 1000 e 1500 mg L⁻¹, além do tratamento controle, usando apenas água (teste). Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram acondicionados em bandejas de polietileno, envolvidas com filme plástico transparente de PVC, e armazenados em câmara fria a 10 ± 1 °C e umidade relativa de 90 ± 5%. As avaliações foram realizadas aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento, sendo determinadas as características físico-químicas: perda de massa, taxa respiratória, pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis, firmeza e coloração da casca e da polpa. Também foram avaliadas características bioquímicas, como atividade antioxidante, teor de compostos fenólicos e flavonoides. Os tratamentos com AS promoveram redução na taxa respiratória, retardaram a mudança de coloração da casca e maior atividade antioxidante, com incremento nos teores de flavonoides. O uso de AVG foi eficaz na manutenção da perda de firmeza e na redução da perda de massa, além de reduzir a taxa respiratória e compostos fenólicos do fruto. Com isso, pode-se concluir que ambos os reguladores possuem potencial para a preservação pós-colheita de abacates cv. Hass.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill; antioxidante; flavonoides; amadurecimento; etileno.

ABSTRACT

Climacteric fruits ripen under the action of ethylene, a key plant hormone in this process. Extending their shelf life without compromising postharvest quality is one of the great challenges. The objective of this study was to evaluate the changes in the physicochemical quality of avocado cv. Hass subjected to postharvest treatments with salicylic acid (SA) and aminoethoxyvinylglycine (AVG). The experiment was conducted with fruits from the Jaguacy farm, located in the city of Bauru, SP. For each product evaluated, a completely randomized experimental design was adopted (DIC), in a split-plot scheme over time (4×6 ; treatments $\times$ storage periods), in which the plots corresponded to the treatments and the subplots to the six storage times: 0, 7, 14, 21, 28, and 35 days of storage (DA). The experiment had three replications. The avocados were immersed for 5 minutes in salicylic acid (SA) solutions at concentrations of 1, 2, and 3 mM, as well as aminoethoxyvinylglycine (AVG) at concentrations of 500, 1000, and 1500 mg L⁻¹, in addition to the control treatment, using just water (teste). After the treatments were applied, the fruits were placed in polyethylene trays, wrapped in transparent PVC plastic film, and stored in a cold chamber at 10 ± 1 °C and $90 \pm 5\%$ relative humidity. Evaluations were performed at 0, 7, 14, 21, 28, and 35 days of storage, determining the following physicochemical characteristics: mass loss, respiration rate, pH, titratable acidity (TA), soluble solids content, fruit firmness, and peel and pulp color. Biochemical characteristics such as antioxidant activity, phenolic compound content, and flavonoid content were also evaluated. The experiments with AS had a positive influence on respiration, color delay, titratable acidity, antioxidant activity and flavonoids. The experiments containing AVG had a positive influence on firmness, mass loss, respiration and phenolic compounds. Therefore, it can be concluded that both products have potential for postharvest preservation of cv. Hass avocado.

Keywords: *Persea americana* Mill; antioxidant; flavonoids; maturation; ethylene.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura molecular do AS.....	29
Figura 2- Biossíntese dos compostos fenólicos, rota do ácido chiquimico e rota do ácido malônico.....	30
Figura 3- Biossíntese do ácido salicílico a partir da fenilalanina.....	31
Figura 4- Estrutura molecular do AVG.....	34
Figura 5- Modelo esquemático da ação do AVG em bloquear e/ou reduzir a síntese de etileno.....	34
Capítulo 1- Ácido salicílico na conservação refrigerada de abacate cv. Hass	37
Figura1-Separação dos frutos de abacate.....	41
Figura 2- Abacates com a aplicação de AS e armazenados em câmara fria a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $90\pm 5\%$	42
Figura 3- Perda de massa (%) dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	48
Figura 4- Taxa respiratória ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	50
Figura 5- Firmeza (gf cm^{-2}), dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	51
Figura 6- Luminosidade casca (L), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	52
Figura 7- Cromaticidade casca (Croma) (A) e Ângulo Hue° casca (B), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	53
Figura 8- Luminosidade polpa (L) (A), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	56

Figura 9- Cromaticidade polpa (Croma) (A), Angulo Hue° polpa (B) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	57
Figura 10- Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	58
Figura 11- Sólidos solúveis (°Brix), dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	59
Figura 12- Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento	61
Figura 13- Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g ⁻¹) nos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	62
Figura 14- Flavonoides totais (mg quercetina g ⁻¹), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	64
Figura 15- Atividade antioxidante (% de DPPH reduzido), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	66
Figura 16- Figura 16- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais das doses de AS (mM) em cada dia (A) e dos dias de armazenamento nas doses (B).....	68
Figura 17- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais para as variáveis analisadas.....	69
Capítulo 2- Aminoetoxivinilglicina na conservação refrigerada de abacate cv. Hass	79
Figura 1- Separação dos frutos de abacate.....	82
Figura 2- Abacates com a aplicação de AVG e armazenados em câmara fria a 10±1°C e umidade relativa de 90±5%.....	83
Figura 3- Perda de massa (%) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	89
Figura 4- Taxa respiratória (ml CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	91

Figura 5- Firmeza (gf cm^{-2}), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	94
Figura 6- Luminosidade casca (L) (A), Cromaticidade casca (Croma) (B), Ângulo $^{\circ}\text{Hue}$ casca ($^{\circ}\text{Hue}$), dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	95
Figura 7- Luminosidade polpa (L) (A), Cromaticidade polpa (Croma) (B), Ângulo $^{\circ}\text{Hue}$ polpa ($^{\circ}\text{Hue}$) (C), dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	97
Figura 8- Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	98
Figura 9- Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	99
Figura 10- Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	100
Figura 11- Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG).....	101
Figura 12- Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	102
Figura 13- Compostos fenólicos totais ($\text{mg ácido gálico } 100 \text{ g}^{-1}$) nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	104
Figura 14- Flavonoides totais ($\text{mg quercetina g}^{-1}$), nos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	105
Figura 15- Atividade antioxidante (% de DPPH reduzido), nos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	106
Figura 16- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais das doses de AVG (mg/L^{-1}) em cada dia.....	108

Figura 17- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais para as variáveis analisadas.....	109
---	-----

LISTA DE TABELAS

Capítulo1-	Ácido salicílico na conservação refrigerada de abacate cv. Hass	37
Tabela 1-	Resumo da análise de variância para perda de massa (PM), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (A.T), sólidos solúveis (S.S), firmeza, cor da casca e polpa, atividade antioxidante (Antiox), compostos fenólicos (C.F) e flavonoides (Flavo) em abacate, em função das diferentes doses de Ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	47
Tabela 2-	Taxa respiratória ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	49
Tabela 3-	Cromaticidade da casca (Croma) e ângulo °Hue da casca (°Hue), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.	53
Tabela 4-	Luminosidade da polpa (L) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	55
Tabela 5-	Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	60
Tabela 6-	Flavonoides totais ($\text{mg quercetina g}^{-1}$), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	64
Tabela 7-	Atividade antioxidante (% de DPPH reduzido), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	65
Tabela 8-	Valores das variáveis e variância acumulada dentro de PC-1 e PC-2.....	67
Capítulo2-	Aminoetoxivinilglicina na conservação refrigerada de abacate cv. Hass.....	79
Tabela 1-	Resumo da análise de variância para perda de massa (PM), potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (A.T), sólidos solúveis (S.S), firmeza, cor da casca e polpa, atividade antioxidante (Antiox), compostos fenólicos (C.F) e flavonoides (Flavo) em abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	88

Tabela 2-	Perda de massa (%) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	89
Tabela 3-	Taxa respiratória (ml CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	91
Tabela 4-	Firmeza (gf cm ⁻²), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	92
Tabela 5-	Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g ⁻¹) nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.....	103
Tabela 6-	Valores das variáveis e variância acumulada dentro de PC-1 e PC-2.....	107

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL.....	19
	CAPÍTULO 1 - ÁCIDO SALICÍLICO NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DE ABACATE cv. HASS.....	37
1.1	INTRODUÇÃO.....	39
1.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
1.2.1	Obtenção das amostras.....	40
1.2.2	Delineamento experimental	41
1.2.3	Preparo das amostras	41
1.2.4	Grupo não destrutivo	42
1.2.5	Grupo destrutivo	43
1.2.6	Análise estatística	45
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
1.3.1	Perda de Massa.....	47
1.3.2	Taxa respiratória.....	48
1.3.3	Firmeza.....	50
1.3.4	Coloração da casca e polpa.....	52
1.3.5	Potencial hidrogeniônico (pH).....	58
1.3.6	Sólidos solúveis.....	59
1.3.7	Acidez titulável.....	60
1.3.8	Compostos fenólicos.....	61
1.3.9	Flavonoides.....	63
1.3.10	Atividade antioxidante (DPPH).....	65
1.4	Análise dos componentes principais (ACP).....	67
1.5	CONCLUSÃO.....	70
	REFERÊNCIAS	71

	CAPÍTULO 2 – AMINOETOXIVINILGLICINA NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DE ABACATE cv. HASS.....	79
2.1	INTRODUÇÃO.....	81
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	82
2.2.1	Obtenção das amostras.....	82
2.2.3	Delineamento experimental.....	83
2.2.4	Preparo das amostras.....	83
2.2.5	Grupo não destrutivo.....	84
2.2.6	Grupo destrutivo	85
2.2.7	Análise estatística	87
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
2.3.1	Perda de Massa.....	88
2.3.2	Taxa respiratória.....	90
2.3.3	Firmeza.....	92
2.3.4	Coloração da casca e polpa.....	94
2.3.5	Potencial hidrogeniônico (pH).....	98
2.3.6	Sólidos solúveis.....	99
2.3.7	Acidez titulável.....	101
2.3.8	Compostos fenólicos.....	103
2.3.9	Flavonoides.....	104
2.3.10	Atividade antioxidante (DPPH).....	105
2.4	Análise dos componentes principais (ACP).....	107
2.5	CONCLUSÃO.....	110
	REFERÊNCIAS	111
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
	REFERÊNCIAS	121

INTRODUÇÃO GERAL

O abacateiro (*Persea americana* Mill.), é uma frutífera amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais, pertencente à família Lauraceae, sendo originário da América Central, entre as regiões do México e Peru. No Brasil a sua introdução ocorreu em 1809, e atualmente é um dos principais produtores globais da fruta, alcançando a sétima posição do ranking mundial (IBGE, 2023).

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás apenas da China e da Índia (FAO, 2023). O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado em função de mudanças no estilo de vida e da crescente busca por uma alimentação mais equilibrada. Nesse contexto, destaca-se o abacate, um fruto climatérico amplamente reconhecido por seu elevado valor nutricional, caracterizado pelo alto teor de ácidos graxos insaturados, fibras, proteínas, vitaminas A, B, C, D, E e K, além de compostos antioxidantes e bioativos com potencial ação anticarcinogênica.

A polpa do fruto do abacate é particularmente rica em compostos lipofílicos, incluindo carotenoides como α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, zeaxantina e cantaxantina, os quais exercem importante função antioxidante, auxiliando na neutralização de radicais livres e na prevenção de danos celulares (Daiuto *et al.*, 2014; Santos-Sánchez *et al.*, 2017; James-Martin *et al.*, 2024).

A produção nacional de abacate abrange diversas variedades, dentre as quais as cultivares 'Fuerte' e 'Hass' se destacam nas exportações, sendo esta última frequentemente denominada, no contexto comercial, como avocado (Sanches, Durigan, Durigan, 2008; Vieites *et al.*, 2014). A cultivar 'Fuerte' apresenta casca fina, verde e sem escurecimento após o amadurecimento (Fischer *et al.*, 2011), enquanto a cv. Hass possui casca grossa e rugosa, que escurece conforme o fruto amadurece, tornando-se marrom-escura (DAIUTO *et al.*, 2010).

Em países emergentes, estima-se que até 40 a 50% das raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas sejam perdidas na fase pós-colheita e no processamento (Benítez, 2020). Na abacaticultura, essas perdas chegaram a 43%, segundo Chitarra e Chitarra (2005), devido a fatores como clima, manejo de pragas, colheita e, principalmente, falhas no pós-colheita.

O abacate cv. Hass, por ser um fruto climatérico, apresenta alta taxa respiratória e produção significativa de etileno após a colheita, o que o torna altamente perecível em temperatura ambiente ($20\pm 4^{\circ}\text{C}$). Esse processo acelera a senescência e

compromete a vida útil do fruto, tornando estratégias de conservação fundamentais, especialmente para o transporte e comercialização (Gilson *et al.*, 2023).

Com o avanço do amadurecimento das frutas, surgem perdas significativas: redução da massa, tamanho e firmeza, deterioração das características sensoriais e queda nos compostos bioativos. O produto se torna inadequado para consumo e comercialização, gerando prejuízos econômicos e impactos ambientais. A redução da síntese ou da ação do etileno é, portanto, uma das abordagens mais eficazes para prolongar a qualidade pós-colheita desses frutos (Alonso-Salinas *et al.*, 2024).

Para prolongar sua vida útil e otimizar a comercialização, é essencial adotar estratégias que retardem o amadurecimento e mantenham a qualidade do fruto. Para minimizar esse problema, diferentes técnicas de conservação pós-colheita estão sendo estudadas. O armazenamento a baixas temperaturas é uma das estratégias mais eficazes para aumentar a durabilidade do abacate e reduzir perdas pós-colheita (Soares *et al.*, 2002). No entanto, essa técnica isolada não proporciona um tempo de conservação prolongado, exigindo sua combinação com outros métodos para preservar a qualidade pós-colheita (Fante *et al.*, 2013; Sganzerla *et al.*, 2018).

Entre os compostos empregados com essa finalidade, o ácido salicílico (AS) se destaca como regulador vegetal de ampla atuação. Ele está associado a diferentes funções, incluindo o retardamento da senescência em frutas, a indução de resistência contra doenças tanto em pré- quanto em pós-colheita e a ação antagônica na biossíntese do etileno, capaz de reduzir em até 30% a síntese desse hormônio (Raskin, 1992). Pesquisas indicam que sua aplicação contribui para diminuir significativamente a taxa respiratória, manter a firmeza dos frutos e retardar a degradação da clorofila, favorecendo a conservação da qualidade visual e nutricional. (Raskin, 1992; Aghdam *et al.*, 2016).

Outro composto amplamente estudado é a aminoetoxivinilglicina (AVG), um inibidor específico da biossíntese do etileno (De Paepe & Van Der Straeten, 2005). O AVG bloqueia a ação da enzima ACC sintase, impedindo a conversão da S-adenosilmetionina (SAM) em ACC, precursor direto do etileno (Chitarra & Chitarra, 2005).

Portanto, diante da crescente demanda por estratégias sustentáveis de conservação de frutos, a combinação ou o uso isolado de AS e AVG representa uma alternativa viável e promissora para prolongar a vida útil e manter a qualidade de abacates durante o armazenamento. Nesse contexto o objetivo desse estudo foi

avaliar as influências de ácido salicílico e aminoetoxivinilglicina na conservação pós-colheita de abacate cv. Hass.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Abacate

O abacate (*Persea americana* Mill.), pertence à família Lauraceae, que inclui cerca de 150 espécies. Botanicamente, é classificado como uma drupa, com casca de coloração verde-oliva. O pericarpo é delgado, o mesocarpo apresenta consistência cremosa e espessa, com teor de óleo variando entre 5% e 30%, e o endocarpo recobre a semente, protegendo os cotilédones. Do ponto de vista nutricional, o abacate se destaca por seu elevado conteúdo lipídico. Além dos lipídeos, é rico em proteínas, vitaminas lipossolúveis (como A, D, E e K) e minerais, o que o torna um alimento funcional com alto valor agregado não só no setor alimentício, mas também nas indústrias de cosméticos, farmacêutica e de biocombustíveis (Leonel & Sampaio, 2008; Bhuyan *et al.*, 2019; Weremfo *et al.*, 2020; Marra *et al.*, 2024).

A cultura do abacate é favorecida em regiões de clima tropical e subtropical, o que explica sua ampla disseminação em países como México, Colômbia, Peru, América Central, Caribe, África do Sul, Israel, Austrália, Estados Unidos, entre outros (Bhuyan *et al.*, 2019). Em 2021, a produção mundial de abacate atingiu 8,7 milhões de toneladas, destacando-se o México como principal produtor, com 2,44 milhões de toneladas, seguido pela Colômbia (979 mil toneladas) e pelo Peru (777 mil toneladas), conforme dados da FAO (FAOSTAT, 2023). No cenário de 2023, o Brasil ocupou a sétima posição entre os maiores produtores globais, registrando uma produção de 422.545 toneladas. Entre os estados brasileiros, São Paulo e Minas Gerais se sobressaíram, com volumes de 183.364 e 122.348 toneladas, respectivamente. Já em 2022, a produção nacional havia alcançado 338.238 toneladas, evidenciando crescimento significativo no setor (IBGE, 2023).

As variedades mais comercializadas no Brasil são a Simmonds, Barbieri, Collinson, Quintal, Fortuna, Breda, Reis, Solano, Imperador, Ouro Verde e Campinas. Porém para o mercado externo e na industrialização as variedades mais usadas são as cultivares 'Hass' e 'Fuerte' (Daiuto *et al.*, 2009; Ranade *et al.*, 2015).

Um dos motivos para a popularização e expansão do abacate no mundo é devido ao seu alto valor nutritivo e funcional, além disso, a polpa do abacate é rica em óleo, rivalizando com o óleo de oliva, fazendo com que o óleo de abacate se enquadre nos

mais valiosos do mundo. O consumo do abacate varia conforme os hábitos alimentares e a cultura de cada país. No Brasil, o fruto é predominantemente apreciado em preparações doces, especialmente em sobremesas, como batido com leite, açúcar e suco de limão. Em contrapartida, em diversos outros países, seu uso é mais frequente em preparações salgadas, incluindo sopas, saladas e molhos. (Daiuto & Vieites, 2008).

O abacate também contém vitaminas lipossolúveis que geralmente falta na maioria das frutas, tendo um alto grau de vitaminas A e B, um valor moderado em vitaminas D e E, e baixo valor em vitamina C (Eliopoulos *et al.*, 2022; Cheng *et al.*, 2023; Krumreich *et al.*, 2024). Sendo um fruto climatérico, o qual seus processos metabólicos não cessam depois de colhido, o abacate em poucos dias depois da colheita começa a amadurecer, porém o tempo e o grau de amadurecimento é influenciado pela temperatura e tempo de armazenamento (Defilippi *et al.*, 2018; Coyotl-Pérez *et al.*, 2022).

Em questão ao mercado nacional de abacate, a produção no ano de 2023 foi de 422.545 toneladas. Entre os anos de 2019 a 2023, o valor de produção do abacate foi entre R\$ 361 milhões a R\$ 918 milhões, tendo um aumento de R\$ 557 milhões em apenas quatro anos (IBGE, 2023). Esse aumento expressivo está diretamente relacionado à crescente demanda por parte dos consumidores, impulsionada pelas propriedades nutricionais e os reconhecidos benefícios do fruto à saúde humana (Bissoli & Barcelos, 2018; Minke, 2020).

Comparando entre as principais frutas tropicais, o abacate apresenta maior demanda global nos últimos dez anos. A produção do fruto cresce, em média, cerca de 6% ao ano, na questão de exportação, no ano de 2018, cerca de 35% da produção mundial de abacate foi exportada, outras frutas tropicais como a manga e abacaxi obtiveram porcentagens de exportação entre 3 a 5% (Altendorf, 2019). O Brasil está no sétimo lugar dos países exportadores de abacate do mundo (FAOSTAT, 2023). No cenário nacional, as regiões Sul e Sudeste concentram as maiores áreas de produção, com destaque para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Espírito Santo. Em 2023, São Paulo liderou com 183.364 toneladas, seguido por Minas Gerais (122.348) e Paraná (33.641). O Espírito Santo produziu aproximadamente 29.556 toneladas nesse mesmo ano (IBGE, 2023).

Produtos à base de abacate

A polpa de abacate oferece diversas possibilidades de processamento, sendo utilizada como base para produtos como patês, purês, pastas congeladas ou refrigeradas, azeites, guacamole, entre outros (Rodríguez *et al.*, 2020; Valente, 2020; Wang *et al.*, 2022). Entre esses, o azeite e a polpa congelada se destacam pela popularidade (Ford *et al.*, 2023). No Brasil, no entanto, o processamento ainda é limitado, em parte porque o abacate foi historicamente visto como um alimento altamente calórico, o que restringiu seu consumo (Bissoli & Barcelos, 2018). Por isso, o fruto é mais consumido in natura e com adição de açúcar (Vieites; Daiuto; Fumes, 2012). Já em países como o México um dos maiores produtores e consumidores de abacate é comum o consumo de produtos industrializados derivados da fruta (Benítez, 2020).

Nos últimos anos, tem crescido o interesse por dietas baseadas em alimentos reconhecidamente mais saudáveis. Nesse contexto, a produção de azeite de oliva se expandiu mundialmente devido aos seus benefícios à saúde (Oliveira; Silva; Mesquita, 2018). O azeite de abacate, por sua vez, apresenta composição semelhante, com destaque para o ácido oleico, e surge como uma alternativa promissora para diversificar o mercado brasileiro e reduzir a dependência da importação de azeite de oliva (Duarte *et al.*, 2016).

Grupos e cultivares

As cultivares de abacateiro são classificadas em três grupos principais: mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), guatemalense (*P. nubigena* var. *guatemalensis*) e antilhana (*P. americana* var. *americana*) (Pedreschi *et al.*, 2019).

O grupo mexicana é originário das regiões de maior altitude do México e da Cordilheira dos Andes. Seus frutos apresentam elevado teor de óleo, geralmente superior a 20%, casca fina e lisa, tamanho reduzido e formato predominantemente piriforme. O caroço é relativamente grande em relação à polpa, e as plantas desse grupo destacam-se pela elevada tolerância ao frio, suportando temperaturas de até -6 °C (Donadio, 1995).

O grupo antilhana são conhecidos por serem os mais “comuns”, sendo originados das regiões tropicais e baixas da América do Sul e América Central. Seus frutos são grandes, em formato piriforme, casca lisa, pedúnculo curto possui, de coloração verde amarelado quando maduros, tendo baixo conteúdo de óleo (menor que 8%). Seu

amadurecimento ocorre precocemente, entre os meses de fevereiro e maio, já seu tempo de florescimento a floração de 6 a 8 meses. Esse grupo é menos resistente ao frio em relação aos outros grupos, suportando no máximo -2°C (Donadio, 1995).

O grupo guatemalense é originário das regiões altas da América Central. Os frutos possuem casca espessa e rugosa, pedúnculo longo, seus frutos são de formato redondo. A maturação desses frutos é mais tardia, entre abril a novembro, já o tempo de florescimento a floração é de 6 a 8 meses. Seu conteúdo de óleo é maior em relação ao grupo Antilhana (8 a 20%). É mais resistente ao frio também do que ao grupo Antilhana, suportando temperaturas de até -4°C (DONADIO, 1995).

Colheita

O abacateiro começa sua produção entre dois a três anos após o plantio, atingindo seu pico de rendimento econômico entre o sétimo e o décimo quinto ano. Plantas enxertadas iniciam a frutificação por volta do quarto ano. No entanto, a produtividade varia de acordo com fatores como cultivar, manejo, condições climáticas e época de florescimento (Sampaio *et al.*, 2022).

A colheita é, em sua maioria, manual, devido à sensibilidade dos frutos ao manuseio. Danos mecânicos, como amassamentos, facilitam a entrada de microrganismos patogênicos, especialmente fungos, o que reduz a vida útil e o valor comercial do fruto (Defilippi *et al.*, 2018).

Fisiologia pós-colheita de frutos

As alterações que ocorrem em frutos durante o amadurecimento correspondem às mudanças sensoriais de odor, sabor, textura e cor, tornando o fruto aceitável para o consumo (Huaman-Alvino *et al.*, 2021).

Maturação é descrita como o estágio de desenvolvimento dos frutos que compreende uma inter-relação de mudanças bioquímico moleculares, fazendo com que ocorra alterações fenotípicas e fisiológicas facilmente perceptíveis, como por exemplo a solubilização de pectinas (amolecimento dos tecidos), degradação da clorofila e/ou síntese de pigmentos, aumento no sabor pela síntese e bioconversão de carboidratos, formação de ceras na epiderme, síntese de ácidos orgânicos, produção de substâncias voláteis e síntese e/ou polimerização de compostos fenólicos (Neves, 2018., Defilippi *et al.*, 2018, Ehikioya *et al.*, 2023). Na maioria dos frutos, observa-se uma redução progressiva no teor de ácidos orgânicos ao longo do processo de

amadurecimento. Tal diminuição está relacionada à utilização desses ácidos no ciclo de Krebs, durante a respiração celular, bem como em reações de síntese voltadas à formação de novos compostos. Essas alterações metabólicas desempenham papel fundamental do sabor característico dos frutos. (Huaman-Alvino *et al.*, 2021).

Mesmo depois da colheita, os processos de amadurecimento e senescência continuam e mantem suas funções vitais em atividade plena, isso se deve ao gasto de reservas energéticas obtidas durante o crescimento e desenvolvimento do fruto, fazendo com que sofra alterações metabólicas e enzimáticas que irão levar a modificações químicas e físicas ao produto. Essas alterações podem causar perda de qualidade e piora na aparência do fruto, acarretando em depreciação do seu valor comercial. Junto a isso, existem as perdas qualitativas e quantitativas causadas pelo desenvolvimento de agentes patogênicos, inviabilizando a venda do fruto (Neves, 2018). Durante o amadurecimento, a taxa respiratória e a produção de etileno aumentam muito em frutos climatéricos (Chitarra; Chitarra, 2005). Depois da colheita, esses frutos completam o amadurecimento (Munhuweyi *et al.*, 2020).

A respiração é o principal fenômeno fisiológico que influencia na qualidade e conservação dos frutos climatéricos depois da colheita (Hernández *et al.*, 2016). As células do tecido vegetal ficam em contato com a atmosfera rica em O₂, fazendo com que se eleve sua atividade respiratória, produzindo energia na forma de calor (calor vital). Quanto mais elevada for a taxa respiratória do fruto, maior vai ser a quantidade de calor vital gerado, por consequência mais rápida o fruto chegara na senescência (Chitarra & Chitarra, 2005). O aumento da respiração acelera as reações bioquímicas e químicas responsáveis pelas alterações de qualidade nutricional e sensorial, diminuindo o teor de vitaminas (Defilippi *et al.*, 2018). O hormônio etileno acelera a senescência e a deterioração dos tecidos vegetais e promove o amadurecimento de frutos climatéricos (Munhuweyi *et al.*, 2020).

O estágio de maturação em que os frutos são colhidos irá determinar a qualidade do fruto a ser ofertado ao consumidor. Se os frutos forem colhidos verdes, não apenas sua qualidade irá ser baixa, mas também o índice de perda de água do fruto aumentara, sendo mais suscetíveis a desordens fisiológicas. Por outro lado, quando colhidos muito amadurecidos, irão entrar rapidamente em senescência (Sampaio *et al.*, 2022).

O amadurecimento representa a última fase da maturação fisiológica onde começa os processos degradativos. A senescência inicia-se logo depois do

amadurecimento do fruto, o qual é o período em que se verifica que a diminuição da estabilidade estrutural, fazendo com que reações de degradação (catabólicas) se sobreponham as de síntese (anabólica), começando o envelhecimento e morte dos tecidos. A senescência é um processo irreversível, porém, pode ser retardada com o emprego de métodos e/ou tecnologias adequados (Chitarra & Chitarra, 2005).

Pós-colheita de abacate

Conforme o fruto amadurece, ocorre alterações físicas e químicas, como mudanças sensoriais, cor, odor e textura, tornando o fruto mais aceitável para o consumo. A aparência, o qual é um dos fatores de qualidade essenciais que vai determinar o valor do produto (Moradinezhad *et al.*, 2023).

Segundo Huaman-Alvino *et al.* (2021), o amadurecimento pode ser definido como um conjunto de processos que se estendem desde o estágio final de crescimento e desenvolvimento até o início da senescência. Esses eventos metabólicos culminam na expressão de características de qualidade e/ou atributos estéticos do alimento, perceptíveis por alterações em sua composição química, textura, coloração e demais propriedades sensoriais. Durante o amadurecimento, tanto a taxa respiratória quanto a produção de etileno ficam elevadas em frutos climatéricos (Chitarra & Chitarra, 2005). A medida que a respiração aumenta em fruto climatéricos, a velocidade das reações químicas e bioquímicas também acelera, essas reações são responsáveis pelas modificações nutricionais e sensoriais do fruto, diminuindo o teor vitamínico. O hormônio vegetal etileno acelera a deterioração e senescência dos tecidos vegetais, e também promove o amolecimento de frutos climatéricos (Munhuweyi *et al.*, 2020).

O abacate é um fruto climatérico que apresenta elevada taxa respiratória e intensa produção de etileno após a colheita, o que o torna altamente perecível quando mantido em condição ambiente. Devido a esses fatores, é fundamental que haja controle do amadurecimento afim de aumentar a vida útil do fruto após a colheita, visando tanto o mercado interno quanto a exportação do abacate (Kluge *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2016).

O abacate apresenta elevada sensibilidade às condições térmicas, sendo a temperatura ideal para seu amadurecimento em torno de 20 °C. O processo ocorre normalmente dentro da faixa de 10 °C a 25 °C, caracterizando-se como climatérico, embora haja variações no intervalo de tempo necessário para sua completa evolução. Entretanto, distúrbios fisiológicos tornam-se mais evidentes quando os frutos são

submetidos a temperaturas extremas, seja em valores elevados (30 °C) ou reduzidos (5 °C) (Chitarra; Chitarra, 2005). Davur *et al.* (2023) observaram que o abacate necessita entre 7 a 15 dias a partir da colheita para atingir o máximo de seu amadurecimento, quando mantido a temperatura ambiente. Conforme o fruto amadurece, ocorre a liberação de vários compostos solúveis que compunham parte da estrutura molecular da parede celular e também da lamela média, como os ácidos iônicos em vários graus de despolimerização, arabinose, galactose, xilose, raminose e glucose, essa liberação é resultado provável da atividade de várias enzimas e faz com que ocorra o amaciamento do fruto (Huaman-Alvino *et al.*, 2021).

O processo de amolecimento é parte intrínseca do amadurecimento da maior parte dos frutos existentes. Possui imensa importância comercial devido a vida útil pós-colheita do fruto ser limitada pelo aumento do amolecimento, facilitando a injúria física durante o manuseio do fruto, como também aumentando a suscetibilidade a doenças (Coyotl-Pérez *et al.*, 2022).

No abacate, os danos externos não se tornam visíveis e não possuem efeitos de imediato, somente quando o fruto está maduro, a polpa apresentará, parcialmente e totalmente o escurecimento. Quedas durante a colheita, acomodação dos frutos em embalagens e o modo como são transportados são alguns exemplos de operações que podem causar injúrias mecânicas, diminuindo sua qualidade (Santos, 2024). Fatores como elevada perecibilidade dos frutos devido a continuidade de processos metabólicos durante a fase de pós-colheita, procedimentos inadequados usados na colheita, transporte e armazenamento fazem com que exista comprometimento da qualidade (Carvalho *et al.*, 2001).

Conservação e refrigeração

A perda pós-colheita de frutas representa um desafio constante, isso faz com que medidas de conservação sejam implementadas afim de minimizar os riscos de danos pela deterioração (Almeida *et al.*, 2020). Durante a colheita e na pós-colheita, técnicas inadequadas de manejo acarretam no aceleramento do processo de senescência, afetando sensivelmente a qualidade e diminuindo ainda mais seu período de comercialização (Santos, 2024). Para determinar qual o tipo de armazenamento escolher para determinado fruto, assim como o transporte e mercado o qual será destinado é importante o conhecimento da vida útil pós-colheita do produto (Almeida *et al.*, 2020).

Os métodos de conservação visam reduzir atividades biológicas vegetais, redução da perda de água e aumento da vida de prateleira do fruto. Os métodos de conservação mais comuns são: refrigeração, atmosfera controlada, atmosfera modificada, câmara com circulação de ar resfriado, ceras, biofilmes, irradiação, controles de etileno e reguladores vegetais (De Souza; Gondim; Da Silva Santos, 2024).

A refrigeração é um dos métodos de conservação mais utilizados do mundo, trazendo altos benefícios ao ser empregado, principalmente em países com clima tropical como o Brasil. A refrigeração é o método de conservação com melhor custo-benefício, prolongando o armazenamento de frutas e hortaliças frescas. (Chitarra & Chitarra, 2005). O princípio da refrigeração é a junção da alta umidade relativa do ar, com baixas temperaturas. A temperatura baixa faz com que haja uma redução na velocidade do metabolismo respiratório, entretanto, frutas de clima tropical como o abacate não conseguem se adaptar muito bem ao armazenamento com temperatura muito baixa. A umidade relativa alta durante o armazenamento dificulta a desidratação das frutas, no entanto se a umidade estiver demasiadamente alta, irá favorecer a proliferação de microrganismo patogênicos (Maia *et al.*, 2024).

O armazenamento de frutas e hortaliças em temperaturas baixas é uma estratégia eficiente para prolongar sua vida útil após a colheita. Essa técnica visa minimizar perdas tanto em quantidade quanto em qualidade, mantendo os produtos em condições adequadas para o consumo (Liu *et al.*, 2020). Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a temperatura varia de 4,5°C a 13°C dependendo da cultivar, enquanto que Honório & Moreti (2002) citam que a temperatura ideal para o armazenamento de abacate pode variar de 5°C a 12°C.

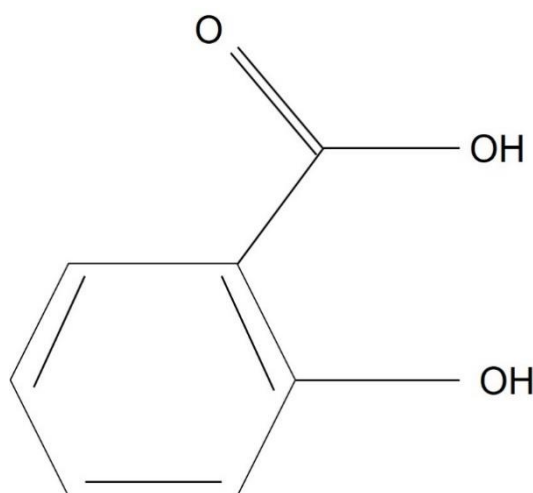
Ácido salicílico (AS)

O ácido salicílico (AS) ($C_7H_6O_3$), classificado como 2-hidroxibenzoico segundo a nomenclatura da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) (Figura 1), é um composto fenólico de ocorrência natural em plantas. Atua como um importante regulador de processos fisiológicos, estando fortemente associado à indução da resistência sistêmica adquirida (RSA) (Beckers & Spoel, 2006; Bagautdinova *et al.*, 2022). Quando sintetizado endógeno ou aplicado de forma exógena, o AS funciona como elicitor, desencadeando respostas de defesa contra estresses bióticos e abióticos, como baixas temperaturas, salinidade e déficit hídrico.

Entre suas funções estão a modulação do fechamento estomático, a regulação da absorção de íons, o estímulo à germinação de sementes, mediação de respostas ao estresse ambiental (Raskin, 1992; Yao & Tian, 2005; Song *et al.*, 2023), desenvolvimento de raiz (Larque-Saavedra, 1979), floração (Hegazi; El-Shrayi, 2007), regulador de gravitropismo e inibição no amadurecimento dos frutos (Srivastava; Dwivedi, 2000).

Em especial, o AS tem sido confirmado como um hormônio vegetal natural, apresentando potencial para substituir conservantes químicos sintéticos e minimizar seus efeitos nocivos (Fan *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2021).

Figura 1- Estrutura molecular do AS

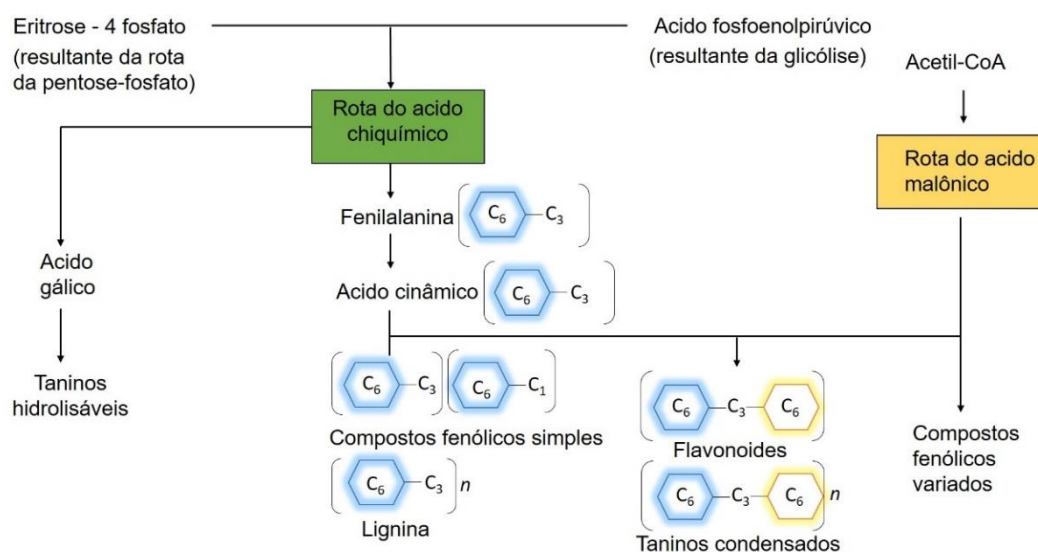


Fonte: Alonso-Salinas, 2024 (adaptado)

Segundo Farmer & Ryan (1990), no sistema de interação planta-inseto, as plantas utilizam uma ampla variedade de moléculas proteicas tóxicas como forma de defesa contra insetos-praga. O ataque dessas pragas ativa o sistema de sinalização da planta, fazendo com que o ácido salicílico induza a expressão de genes de resistência, os quais ativam as rotas do ácido mevalônico e do ácido metileritritol fosfato, resultando na síntese de terpenos. Além disso, ocorre a formação de proteínas de defesa que, por sua vez, intensificam a produção de ácido salicílico e de outros compostos envolvidos na proteção da planta (Taiz *et al.*, 2024).

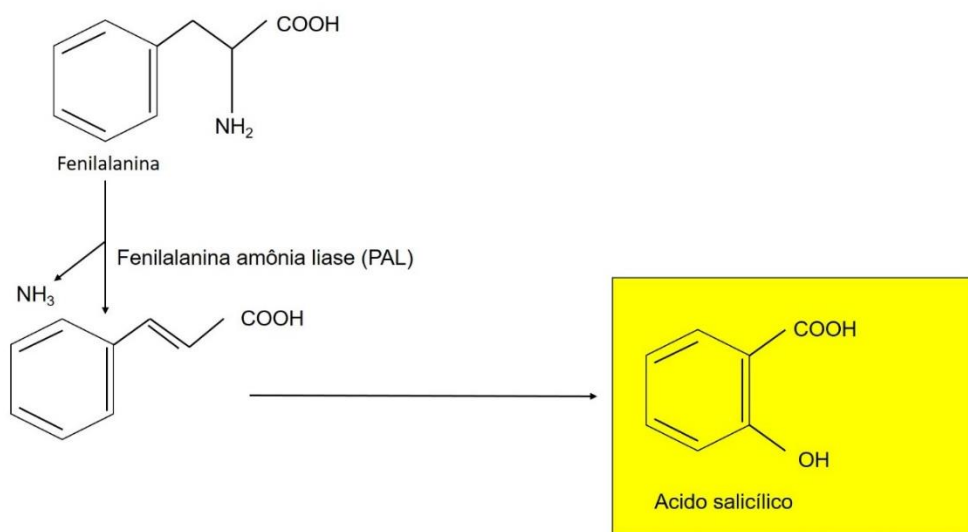
A resistência sistêmica adquirida (RSA) é caracterizada como um estado de resistência generalizada induzida por estímulos externos sem modificação genética, promovendo a ativação de genes associados à defesa vegetal (Hammerschmidt, 2009). Entre esses genes, destacam-se os que codificam proteínas relacionadas à patogenicidade (PR-proteínas), como quitinases e β -1,3-glucanases, enzimas ligadas à biossíntese de fitoalexinas, como a fenilalanina amônia-liase, além do acúmulo de lignina em tecidos próximos ao local de infecção (Durrant & Dong, 2004). O acúmulo de AS desempenha papel central nesse processo, atuando como sinalizador da expressão desses genes de defesa (Grüner *et al.*, 2003; Jalali, Bhargava & Kamble, 2006; Urban *et al.*, 2022).

Figura 2- Biossíntese dos compostos fenólicos, rota do ácido chiquímico e rota do ácido malônico.



Fonte: Taiz *et al.*, 2024 (adaptado)

Figura 3- Biossíntese do ácido salicílico a partir da fenilalanina



Fonte: Taiz *et al.*, 2024 (adaptado)

Fitorreguladores como o ácido salicílico têm sido amplamente empregados em práticas de pré e pós-colheita, devido à sua classificação como substância química segura para aplicação em frutas e legumes de alta perecibilidade. Essa utilização visa mitigar perdas, especialmente durante o processo de comercialização. Com o crescente interesse da população mundial por uma alimentação mais saudável, baseada em produtos frescos e seguros, e diante das restrições cada vez mais rigorosas impostas por diversos países, especialmente europeus. Quanto ao uso de defensivos químicos em alimentos, as aplicações em pré-colheita despontam como alternativas promissoras para aprimorar a qualidade dos vegetais e prolongar sua vida útil pós-colheita (Supapvanich & Promyou, 2013). Diferentes métodos de tratamento têm sido empregados para a aplicação do AS, incluindo pulverização, imersão, fumigação e revestimento, em especial, na pós colheita o AS é aplicado em frutas por imersão (Chen *et al.*, 2023). O ácido salicílico contribui para a melhoria da fotossíntese, das trocas gasosas, das respostas fisiológicas a estresses e da atividade antioxidante, favorecendo o crescimento vegetal e elevando a produtividade (Hao, 2012; Gacnik *et al.*, 2021).

A qualidade das frutas está intimamente associada aos processos de amadurecimento e senescência durante o armazenamento, os quais envolvem fenômenos como amolecimento, perda de massa, mudanças na coloração da casca

e da polpa, produção de etileno e variações na taxa respiratória (GAO *et al.*, 2020). Diversas pesquisas demonstram que o ácido salicílico exerce papel relevante na regulação do metabolismo fisiológico dos frutos, contribuindo para a preservação de sua qualidade (Valverde *et al.*, 2015; Giménez *et al.*, 2016; Hanif *et al.*, 2020; Amiri *et al.*, 2021).

Diversos estudos demonstram os efeitos benéficos do AS em tratamentos pós-colheita, atuando na preservação da qualidade de frutos e no controle de doenças. Aplicações exógenas têm sido eficazes no controle da murcha de *Fusarium* em tomates (Mandal, Mallick & Mitra, 2009), antracnose em mangas (Joyce *et al.*, 2001), podridão cinzenta em pêssegos (Zhang *et al.*, 2008) e bolor azul em maçãs (Da Rocha Neto & Di Piero, 2013). Além disso, o AS contribui para o aumento da firmeza (ASGHARI & AGHDAM, 2010), maior resistência a baixas temperaturas, redução da taxa respiratória e atraso do amadurecimento, por meio da redução da biossíntese de etileno (Luo, Chen & Xie, 2011; Almasoud *et al.*, 2024).

O mecanismo de inibição do amadurecimento está relacionado à supressão da atividade das enzimas 1-aminociclopropano-1-carboxilato sintase (ACC sintase) e 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico oxidase (ACC oxidase), que catalisam a conversão do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) em etileno (Asghari & Aghdam, 2010; Kumar *et al.*, 2021). Como resultado, há um retardo na senescência e prolongamento da vida útil dos frutos.

O AS ajuda na redução da atividade metabólica e a transpiração dos frutos, resultando na diminuição da perda de massa durante o armazenamento (Amiri *et al.*, 2021). O AS também pode retardar o amolecimento dos frutos ao inibir a atividade das enzimas poligalacturonase (PG), pectinametilesterase (PME) e celulase (CEL), preservando a integridade da parede celular (Kumar *et al.*, 2021; Valero *et al.*, 2011). Adicionalmente, o AS pode aumentar a capacidade de retenção de água dos frutos, favorecendo a formação de uma rede de pectinas mais estruturadas (Batool *et al.*, 2022). Durante o armazenamento pós-colheita, a coloração da casca dos frutos geralmente muda, processo associado à degradação dos pigmentos fotossintéticos, como o fitocromo (Batool *et al.*, 2022; Koyuncu *et al.*, 2019). O AS pode retardar essas mudanças, inibindo a alteração da cor e o escurecimento da casca e polpa dos frutos. Pesquisas relatam que a aplicação de AS reduz o consumo de ácidos orgânicos ao suprimir a taxa respiratória e retardar o processo de amadurecimento de determinadas frutas, como a cereja-doce (Giménez *et al.*, 2016). E por consequência inibir o

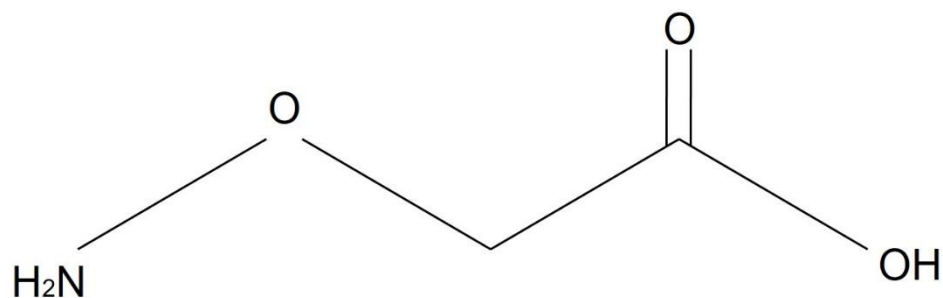
distanciamento da relação sólidos soluveis/acidez em relação ao valor inicial, provavelmente em decorrência da redução da taxa respiratória e da atividade metabólica (Champa *et al.*, 2014).

A aplicação de AS se mostraram eficaz na manutenção dos compostos fenólicos, como aumentar as atividades das enzimas C4H, 4CL e PAL (Zhou *et al.*, 2018), promovendo a elevação do teor de compostos fenólicos. E no aumento da capacidade antioxidante, reduzindo os danos oxidativos por enzimas como catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), peroxidase (POD) e glutathione redutase (GR), que podem ser estimuladas pelo tratamento com AS, levando à alta atividade antioxidante (Giménez *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2011). Esses efeitos podem contribuir para a extensão da vida útil e o retardo da senescência de frutos, como cereja-doce (Valverde *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2011), romã (García-Pastor *et al.*, 2020), ameixa (Davarynejad *et al.*, 2015) e abacate (Abdel-Sattar *et al.*, 2025).

González-Villagra *et al.* (2024), estudando frutos de cereja aplicados com ácido salicílico a 0,5 mM relataram que o produto ajudou na manutenção da perda de massa, mesmo em déficit hídrico. Em maçãs, Kazemi, Aran & Zamani (2011) observaram que a imersão dos frutos em soluções de AS (1,5 e 3 mM) preservou características importantes, como massa fresca, firmeza e sólidos solúveis durante o armazenamento refrigerado, demonstrando o potencial do AS como ferramenta na conservação pós-colheita.

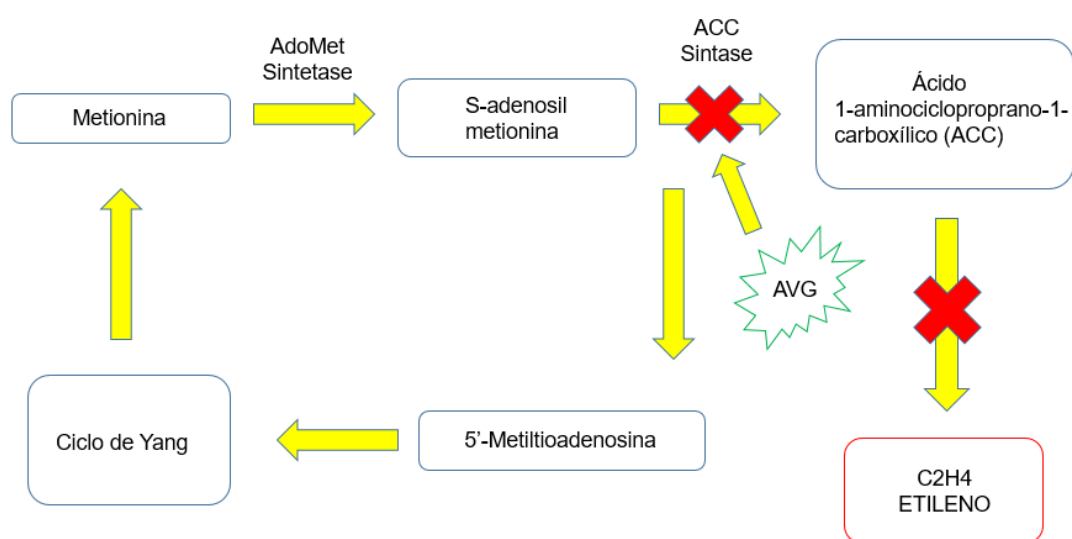
Aminoetoxivinilglicina (AVG)

O aminoetoxivinilglicina (AVG) é um composto não proteico, classificado como um inibidor específico da biossíntese do etileno, amplamente utilizado em tratamentos pré-colheita para regular o amadurecimento de frutos climatéricos. Sua estrutura química, nomeada pela IUPAC como (2S,3E)-2-amino-4-(2-aminoethoxy)but-3-enoate, possui a fórmula molecular $C_6H_{13}N_2O_3^+$. Naturalmente produzido por fermentação microbiana (YANG & HOFFMAN, 1984), o AVG destaca-se por sua capacidade de inibir a ação da enzima 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintase (ACC sintase), etapa-chave na via biossintética do etileno (Alonso-Salinas *et al.*, 2024).

Figura 4- Estrutura molecular do AVG

Fonte: Alonso-Salinas, 2024 (adaptado).

Essa inibição ocorre pela interação do AVG com a coenzima piridoxal fosfato, resultando na formação de um enol éter reativo que se liga irreversivelmente ao sítio ativo da ACC sintase, bloqueando sua atividade catalítica (Rando, 1974; Yang & Hoffman, 1984). Com isso, a conversão de S-adenosilmetionina (SAM) em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), precursor imediato do etileno, é interrompida (Figura 5), resultando em menores níveis do hormônio e, consequentemente, em um amadurecimento mais lento (Reid, 2002; Taiz *et al.*, 2024).

Figura 5- Modelo esquemático da ação do AVG em bloquear e/ou reduzir a síntese de etileno.

Fonte: Taiz & Zeiger (2013) (adaptado).

Para uma eficácia significativa, a concentração de AVG deve ser suficiente para estabelecer um equilíbrio com constante de inibição em torno de $0,2 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Boller *et al.*, 1979).

A eficiência do AVG, no entanto, pode ser modulada por fatores como espécie, cultivar, dose aplicada e momento da aplicação, sendo fundamental que o tratamento ocorra antes do início da síntese de ACC para garantir máxima inibição (AUTIO & Bramlage, 1982; Romani *et al.*, 1983; Alonso-Salinas *et al.*, 2024).

Comercializado sob o nome Retain[®], a fabricante Sumitomo Chemical Brasil distribui o produto para o país todo, é um regulador de crescimento vegetal formulado como pó solúvel em água, cujo ingrediente ativo é o AVG. Esse produto é registrado no Brasil junto ao Ministério da Agricultura (MAPA, nº 3902) para uso em fruticultura, principalmente em macieiras. (SUMITOMO CHEMICAL BRASIL, 2025).

O AVG é utilizado no controle da maturação, como a queda de frutos, o amolecimento da polpa e as mudanças de coloração, na redução da queda pré-colheita e na extensão da vida útil de frutos climatéricos, como maçã e pera, contribuindo para a melhoria e manutenção da qualidade dos frutos no período pós-colheita (Malladi, Tonapi & Kon, 2023; Tipu & Sherif, 2024).

O uso do AVG encontra ampla aplicação em pomares de maçã, com eficácia comprovada na redução da queda pré-colheita, atraso na maturação e manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos (Brackmann & Waclawovsky, 2001; Schupp & Greene, 2004). Estudos como os de Fan, Mattheis & Buchanan (1998), Mir *et al.* (1999), Wang & Dilley (2001) e Steffens, Giehl & Brackmann (2005) mostraram que a aplicação pré-colheita de AVG promoveu aumento da firmeza, menor produção de etileno, redução na taxa respiratória e menor incidência de podridões, além de proporcionar maior suculência e vida útil durante o armazenamento refrigerado. Dos Santos *et al.* (2007), ao avaliarem os efeitos da aplicação pós-colheita de AVG associada ao armazenamento refrigerado em mangas ‘Tommy Atkins’, observaram que a dose de 300 g g^{-1} foi eficaz na redução da perda de massa e na manutenção da coloração da polpa, contribuindo para a preservação da qualidade dos frutos durante a conservação. Aguirre-Medina *et al.* (2024), aplicando AVG na pré-colheita de magas ‘Ataulfo’ relataram que o produto diminuiu a perda de massa e firmeza dos frutos.

Kucuker & Ozturk (2015), estudando a aplicação pré-colheita de AVG e metil jasmonato (MeJA) em cerejas 'North Wonder' relataram que o AVG ajudou na manutenção da qualidade da coloração do fruto, pH, sólidos solúveis e acidez titulável.

Abdel-Sattar *et al.* (2025), avaliando frutos de abacate 'hass' aplicados com AVG na pré-colheita observaram que o inibidor teve influência positiva na qualidade de fruto, principalmente nos sólidos solúveis totais, acidez titulável e índice de maturação.

CAPÍTULO 1

ÁCIDO SALICÍLICO NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DE ABACATE cv. HASS

RESUMO

O abacate (*Persea americana* Mill.) é um fruto climatérico, a variedade 'Hass', possui um alto valor agregado, com isso, é de interesse comercial testar técnicas que conserve suas qualidades na pós-colheita. O presente estudo teve como objetivo avaliar as alterações na qualidade físico-química e bioquímicas em frutos de abacate cv. Hass submetidos a tratamentos pós-colheita com ácido salicílico (AS). O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Horticultura da FCA-UNESP. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas no tempo (4 × 6), no qual as parcelas corresponderam às doses de ácido salicílico (testemunha (test), 1, 2 e 3 mM)) e as subparcelas aos seis períodos de armazenamento: 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento (DA), com três repetições. Os frutos foram submetidos à imersão por 5 minutos em soluções de ácido salicílico nas concentrações de 1, 2 e 3 mM, além do tratamento controle, constituído por água. As avaliações foram realizadas aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento, sendo determinadas as seguintes características físico-químicas: perda de massa, taxa respiratória, pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis, firmeza e coloração da casca e da polpa. Também foram avaliadas características bioquímicas, incluindo atividade antioxidante, teor de compostos fenólicos e flavonoides. Os experimentos com AS influenciaram positivamente no retardo na coloração, na atividade antioxidante e flavonoides. As doses de 1 e 2 mM tiveram influência positiva por sua eficácia na preservação da coloração e na manutenção da taxa respiratória dos frutos, a dose 3 mM obteve influência positiva na respiração e preservação da acidez titulável. A aplicação AS também resultou em maiores níveis de flavonoides e uma maior atividade antioxidante, especialmente entre o 21º e o 28º dia de armazenamento. Esses resultados destacam o potencial do ácido salicílico como um produto promissor para preservar a qualidade funcional de frutos climatéricos, como o abacate.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill; pós-colheita; preservação; fenólicos, horticultura

ABSTRACT

Avocado (*Persea americana* Mill.) is a climacteric fruit. The 'Hass' variety, has a high added value, mainly marketed for export. Therefore, it is of commercial interest to test techniques that preserve its qualities post-harvest. This study aimed to evaluate the changes in the physicochemical quality of Hass avocado fruits subjected to post-harvest treatments with salicylic acid (SA). The experiment was conducted in the Post-Harvest Laboratory of the Horticulture Department of FCA-UNESP. A completely randomized experimental design (CRD) was adopted, in a split-plot scheme over time (4×6), in which the plots corresponded to the doses of salicylic acid (control or witness (test), 1, 2 and 3 mM) and the subplots to the six storage periods: 0, 7, 14, 21, 28 and 35 days of storage (DA), with three replications. The fruits were immersed for 5 minutes in salicylic acid solutions at concentrations of 1, 2, and 3 mM, in addition to a control treatment consisting of water. Evaluations were performed at 0, 7, 14, 21, 28, and 35 days of storage, determining the following physicochemical characteristics: mass loss, respiration rate, pH, titratable acidity (TA), soluble solids content, texture (firmness), and peel and pulp color. Biochemical characteristics were also evaluated, including antioxidant activity, phenolic compound content, and flavonoid content. The experiments with salicylic acid positively influenced mass loss, fruit texture, delayed coloration, antioxidant activity, and flavonoid content. Doses of 1 and 2 mM had a positive influence due to their effectiveness in preserving color, maintaining the respiration rate of the fruit; the 3 mM dose had a positive influence on respiration and preservation of titratable acidity. The application of salicylic acid also resulted in higher levels of antioxidants and flavonoids, especially between the 21th and 28th day of storage. These results highlight the potential of salicylic acid as a promising product to preserve the functional quality of climacteric fruits, such as avocados.

Keywords: *Persea americana* Mill; postharvest; preservation; phenolics; horticulture

1.1 INTRODUÇÃO

O abacateiro (*Persea americana* Mill.), é uma frutífera amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais, pertencente à família Lauraceae, sendo originário da América Central, entre as regiões do México e Peru. No Brasil a sua introdução ocorreu em 1809, e atualmente é um dos principais produtores globais da fruta, alcançando a sétima posição (IBGE, 2023).

A produção nacional de abacate abrange diversas variedades, e as mais exportadas são as cultivares ‘Fuerte’ e ‘Hass’, são comercialmente conhecidas como avocado (SANCHES, 2008). O abacate é um fruto climatérico, é amplamente reconhecido por sua riqueza nutricional, sendo considerado um dos alimentos mais completos, por ser uma fruta rica em compostos lipofílicos, a polpa do abacate contém carotenoides como α -caroteno, cantaxantina, β -criptoxantina, zeaxantina e β -caroteno, que atuam como antioxidantes, auxiliando na neutralização de radicais livres e na prevenção de danos celulares (Daiuto *et al.*, 2014; Santos-Sanchez *et al.*, 2017).

Além disso, o abacate, especialmente a cultivar ‘Hass’, destaca-se pelo notável valor nutricional, abrangendo proteínas, carboidratos, vitaminas, minerais essenciais como cobre e potássio, folato e elevados teores de gorduras monoinsaturadas, contribuindo para uma dieta equilibrada e saudável. Além de seu conteúdo nutricional, a fruta é rica em compostos lipossolúveis, que compõem sua fração lipídica e incluem diversos componentes bioativos associados a efeitos benéficos à saúde humana, como a modulação de processos inflamatórios e a proteção contra doenças metabólicas (Bhore *et al.*, 2021; Stephen & Radhakrishnan, 2022).

Nos últimos anos, o abacate tem ganhado destaque no mercado nacional e internacional. Além de sua polpa ser amplamente utilizada na alimentação, seu óleo é empregado na indústria farmacêutica e cosmética para a produção de medicamentos e produtos de beleza (Duarte *et al.*, 2016; Oliveira, Silva, Mesquita, 2018).

Um dos grandes desafios na produção, distribuição e comercialização do abacate são as perdas pós-colheita. No Brasil, essas perdas chegam a 35-40%, totalizando mais de 10 milhões de toneladas anuais de frutos que deixam de ser consumidos. O abacate, por ser um fruto climatérico, apresenta alta taxa respiratória e produção significativa de etileno após a colheita, o que o torna altamente perecível em temperatura ambiente (Bueno, 2019).

O controle do etileno é um dos principais fatores para minimizar as perdas pós-colheita, sendo esse o hormônio principal no processo de maturação dos frutos climatéricos. Sua produção tem início ainda no fruto verde e se intensifica durante o amadurecimento por meio de uma reação autocatalítica, resultando no aumento da taxa respiratória (Hernández *et al.*, 2022). Para prolongar sua vida útil e otimizar a comercialização, é essencial adotar estratégias que retardem o amadurecimento e mantenham a qualidade do fruto. O amadurecimento excessivo resulta no amolecimento do fruto, prejudicando sua qualidade e limitando o transporte e o tempo de comercialização (Hailu & Bekele, 2024).

Para minimizar esse problema, diferentes técnicas de conservação pós-colheita estão sendo estudadas. O armazenamento a baixas temperaturas é uma das estratégias mais eficazes para aumentar a durabilidade do abacate e reduzir perdas pós-colheita (Lieu *et al.*, 2024). No entanto, essa técnica isolada não proporciona um tempo de conservação prolongado, exigindo sua combinação com outros métodos para preservar a qualidade pós-colheita (Oliveira *et al.*, 2021)

Entre as alternativas em estudo, destaca-se o uso do ácido salicílico (AS), um regulador de crescimento vegetal (Taiz *et al.*, 2024) que atua retardando a senescência dos frutos, aumenta sua resistência a doenças e reduz em até 30% a produção de etileno (Raskin, 1992). Diante desse cenário, avanços na pesquisa de novas técnicas de conservação pós-colheita são fundamentais para otimizar a produção, reduzir perdas e garantir a oferta de frutos de alta qualidade por mais tempo no mercado.

O objetivo da pesquisa foi avaliar as influências de ácido salicílico na conservação pós-colheita de abacate cv. Hass.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Obtenção das amostras

Os frutos de abacate utilizados no experimento foram provenientes de Fazenda Jaguacy, safra 2022/2023, localizado Rodovia Marechal Rondon, Km 355, s/n, Bauru – SP, localizado nas coordenadas geográficas 22°19'18" S de latitude, 49°04'13" W de longitude e a 526 m de altitude. A colheita foi realizada cuidadosamente no ponto de maturação fisiológica, seguida da seleção dos frutos quanto à ausência de injúrias e danos mecânicos. Após a colheita, os frutos seguiram para o beneficiamento em packing house e posteriormente foram acondicionados em caixas de papelão

moldado, visando à proteção contra danos físicos (Figura 1). No mesmo dia, os frutos foram imediatamente transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, SP., onde permaneceram armazenados em câmara fria a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $90 \pm 5\%$ por até 35 dias.

Figura 1- Separação dos frutos de abacate.



Foto: Ramon De Marchi Garcia- 2023

1.2.2 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas no tempo (4×6), no qual as parcelas corresponderam às doses de ácido salicílico (AS) o controle ou testemunha (água), 1, 2 e 3 mM, e as subparcelas aos seis dias de armazenamento: 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias (DA)).

1.2.3 Preparo das amostras

Os frutos foram padronizados quanto a sua forma, ausência de doenças e injúrias mecânicas, visando à uniformidade do lote.

Foram utilizadas três doses de ácido salicílico AS (1 mM, 2 mM e 3 mM) e o tratamento controle (testemunha) água, com três repetições. Os frutos de abacate foram imersos em baldes de 10 litros com água em temperatura ambiente ($20 \pm 4^\circ\text{C}$) misturada com os respectivos tratamentos em forma de pó solúvel durante cinco minutos. Posteriormente, foram colocadas em bandejas de polietileno, secas naturalmente em temperatura ambiente, envolvidas em plástico transparente PVC e colocados em câmara fria com temperatura de $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $90 \pm 5\%$ durante 35 dias (Figura 2).

As análises foram realizadas aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento. Durante as análises os frutos de abacate foram divididos em dois grupos: grupo destrutivo e não destrutivo.

Figura 2- Abacates com a aplicação de AS e armazenados em câmara fria a $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $90\pm 5\%$.



Foto: Ramon De Marchi Garcia- 2023

1.2.4 Grupo não destrutivo

Os abacates do grupo não destrutivo foram utilizados para avaliar a perda de massa fresca e atividade respiratória.

1.2.4.1 Perda de massa fresca

Para a análise de perda de massa fresca os frutos de abacate foram pesados em uma balança semi-analítica marca Marte® carga máxima de 3200 g e precisão de 0,1 g. Os frutos de abacate, foram pesados permitindo o cálculo da perda de massa fresca em porcentagem, através da seguinte fórmula: $\% \text{ PM} = [(MI - MF) / MI] \times 100$.

Em que:

$\% \text{ PM}$ = porcentagem de perda de massa parcial acumulada;

MI = Massa inicial da amostra em um período determinado em g;

MF= Massa final da amostra no período seguinte a MI em g.

1.2.4.2 Atividade respiratória

A taxa de respiração foi obtida pela avaliação dos frutos nos determinados dias de armazenamento. A taxa de respiração foi determinada de forma indireta, utilizando-se um respirômetro, por meio da quantificação do CO₂ liberado, conforme metodologia adaptada de Bleinroth, Zuchini e Pompeo (1976). O cálculo da taxa respiratória foi realizado a partir da seguinte equação:

$$TCO_2 = (2.2 \times (A-B) \times V_1) / (P \times T \times V_2)$$

Onde,

TCO₂= Taxa de respiração em mL de CO₂ Kg de fruta⁻¹ hora⁻¹;

B= Volume gasto em mL de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio padrão antes da absorção de CO₂ branco;

A= Volume gasto de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio após a absorção de CO₂ da respiração;

V₁= Volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO₂ (mL);

P= Massa dos frutos (kg); T= Tempo das reações metabólicas (hora);

V₂ = Volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação (mL);

2,2 = devido ao equivalente de CO₂ (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico a 0,1 N.

1.2.5 Grupo destrutivo

O grupo destrutivo foi utilizado para realizar as análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), coloração da casca e da polpa e firmeza. A cada dia de análise destrutiva, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas no freezer a 0±2 °C, no qual, posteriormente foram realizadas as análises bioquímicas.

As análises bioquímicas foram compostas de atividade antioxidante (DPPH), compostos fenólicos e flavonoides.

1.2.5.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada utilizando a polpa dos frutos previamente triturada, por meio de um potenciômetro digital modelo DMPH-2, seguindo os procedimentos metodológicos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

1.2.5.2 Acidez titulável (AT)

O teor de acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa e determinada por titulação de 5 g de polpa previamente homogeneizada e

diluída em 100 mL de água destilada. Posteriormente foi feita a titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 N, utilizando 0,3 mL de fenolftaleína como indicador, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz. (BRASIL, 2005).

1.2.5.3 Sólidos solúveis (SS)

O SS foi determinado por leitura refratométrica direta, expressa em graus Brix (°Brix), em três amostras, utilizando refratômetro de bancada tipo Pallete, marca ATAGO – PR 32 (AOAC, 2005).

1.2.5.4 Firmeza

A firmeza da polpa dos frutos de abacate foi determinada mediante marcação de dois lados opostos na região equatorial. Realizou-se a perfuração dos frutos com o auxílio do texturômetro STEVENS – LFRA Texture Analyser com uma distância de 20 mm e velocidade de $2,0 \text{ mm s}^{-1}$, utilizando-se o ponteiro TA 9/1000. Os resultados foram expressos em gf cm^{-2} o qual é definido como a força máxima requerida para que uma parte do ponteiro penetre na polpa do fruto.

1.2.5.5 Coloração da casca e da polpa

As análises de cor foram realizadas utilizando colorímetro da marca Konica Minolta®. A avaliação seguiu o sistema de coordenadas retangulares L^* , C^* e H^* , em que L^* representa os valores de luminosidade (variando de 0% = negro a 100% = branco), C^* (Chroma) corresponde à intensidade da cor, com valores entre 0 (menos intensa) e 60 (mais intensa), e H^* (°Hue) indica o ângulo no diagrama tridimensional de cores, sendo 0° para vermelho, 90° para amarelo, 180° para verde e 270° para azul, conforme descrito por Minolta (1998). O equipamento foi previamente calibrado com placa padrão branca de cerâmica. As medições foram realizadas no terço médio da polpa e da casca dos frutos, em três pontos distintos, visando à homogeneização das amostras.

1.2.5.6 Atividade antioxidante (DPPH)

A capacidade sequestrante foi avaliada pelo método do DPPH, baseado no princípio de que o radical 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH), de coloração violeta e elevada estabilidade química, pode aceitar um elétron ou um radical hidrogênio, tornando-se uma molécula estável e passando a apresentar coloração amarela na presença de compostos antioxidantes. Na forma de radical, o DPPH apresenta

absorção característica a 517 nm, a qual diminui progressivamente à medida que ocorre sua redução pelo hidrogênio doado por compostos antioxidantes (Mensor *et al.*, 2001).

Para a determinação da atividade antioxidante, foram utilizadas amostras compostas por 3 mL de solução extratora concentrada (etanol PA), 0,3 mL da solução de DPPH (10,9 mg dissolvidos em 50 mL de etanol P.A.) a 0,5 mL do extrato da polpa. Paralelamente, preparou-se o controle negativo, composto por 3 mL da solução extratora concentrada, 0,5 mL da solução controle (70 mL de etanol P.A. completados para 100 mL com água destilada) e 0,3 mL da solução de DPPH. Após a pipetagem, as amostras permaneceram em repouso por 45 minutos, protegidas da luz e em condições ambiente, conforme estabelecido em testes preliminares. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro a 517 nm. A atividade antioxidante (AA) foi expressa em percentual de atividade anti-radical, calculada pela equação: $AA (\%) = 100 - \{[(Aa) \times 100] / Ac\}$ Onde: Aa = absorbância da amostra Ac = absorbância do controle negativo.

1.2.5.7 Compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada por meio do método espectrofotométrico de Folin–Ciocalteu, de acordo com a metodologia proposta por Singleton, Orthofer e Lamuela (1999). Para isso, uma alíquota de 0,3 mL do extrato da amostra foi misturado a 0,2 mL de água destilada, perfazendo um volume final de 0,5 mL, a solução foi transferida para tubos de ensaio. A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 740 nm, utilizando-se um branco preparado nas mesmas condições experimentais. As análises foram conduzidas em triplicata, e os resultados obtidos foram comparados com a curva padrão de ácido gálico, sendo expressos em mg de ácido gálico g⁻¹.

1.2.5.8 Flavonoides

A quantificação de flavonoides foi realizada por espectrofotometria, conforme as metodologias descritas por Santos & Blatt (1998) e Awad, Jager & Westing (2000). As leituras de absorbância foram efetuadas a 425 nm, e os resultados expressos em mg de quercetina g⁻¹.

1.2.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p \leq 0,05$).

As médias do (AS) foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), Utilizando o software AgroEstat (Barbosa & Maldonado Júnior, 2015).

Os dados de 16 características foram avaliados por análise de componentes principais (ACP) utilizando o Minitab versão 18.1 que também foi utilizado para calcular a correlação de Pearson, avaliando assim a relação entre as variáveis avaliadas.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as análises de variância para as características (Tabela 1), respiração, cromaticidade casca, ângulo $^{\circ}Hue$ casca, luminosidade polpa, acidez titulável, atividade antioxidante e flavonoides, houve interação entre as doses e o tempo de armazenamento de abacates. Para as demais características, perda de massa, firmeza, luminosidade casca, cromaticidade polpa, ângulo $^{\circ}Hue$ polpa, potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis, e compostos fenólicos, os dados foram estudados isolados.

Tabela 1- Resumo da análise de variância para perda de massa (PM), respiração, firmeza, cor da casca e da polpa, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (A.T), sólidos solúveis (S.S), compostos fenólicos (C.F), flavonoides (Flavo) e atividade antioxidante (Antiox) em abacate, em função das diferentes doses de Ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Parâmetros	Dose	Dias	DosesxDias	CV (%)
Perda de massa %	1,97 ^{ns}	746,20*	1,35 ^{ns}	10,03
Respiração (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	10,22**	185,33**	14,66**	8,14
Firmeza (gf cm ⁻²)	0,39 ^{ns}	182,72**	1,27 ^{ns}	9,8
Luminosidade casca	1,82 ^{ns}	13,96**	1,10 ^{ns}	4,1
Cromaticidade casca	9,78**	11,29**	3,25**	9,8
Ângulo °Hue casca	0,96 ^{ns}	59,18**	3,45**	4,2
Luminosidade polpa	4,34**	27,58**	4,27**	1,1
Cromaticidade polpa	0,67 ^{ns}	70,03**	1,73 ^{ns}	4,2
Ângulo °Hue polpa	1,07 ^{ns}	6,87**	0,45 ^{ns}	1,4
Potencial hidrogeniônico	2,14 ^{ns}	10,34**	1,42 ^{ns}	1,7
Sólidos Solúveis (°Brix)	0,51 ^{ns}	72,09**	0,54 ^{ns}	10,1
Acidez titulável (ácido cítrico %)	20,17**	137,34**	2,22**	11,3
Compostos fenólicos (mg GA 100 g pf)	1,65 ^{ns}	13,22**	0,50 ^{ns}	8,8
Flavonoides (mg RU/100g pf)	31,62**	411,77**	15,84**	13,9
Atividade antioxidante (% DPPH Reduzido)	10,08**	137,79**	3,11**	9,2

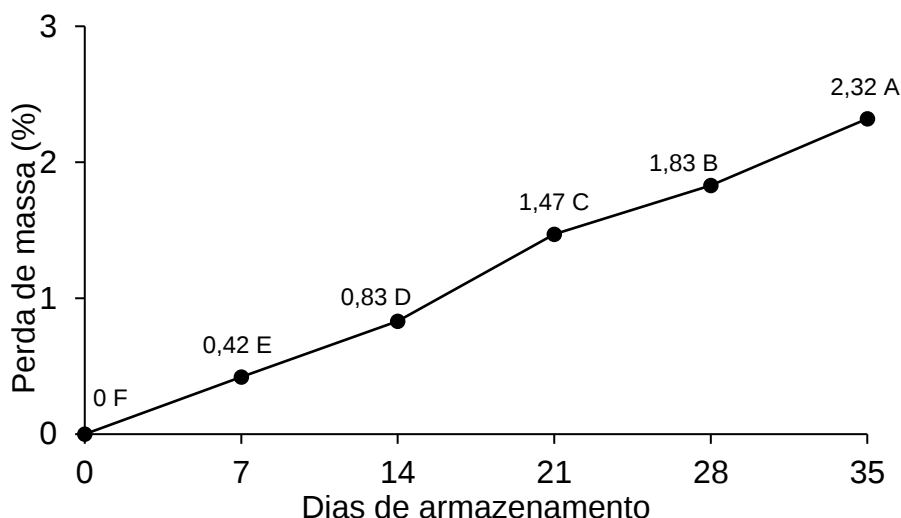
CV = Coeficiente de variação;

*, **, ^{ns} = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

1.3.1 Perda de Massa

Em relação a perda de massa dos frutos não houve diferença entre as doses em cada dia de armazenamento (Tabela 1), a diferença estatística ocorreu apenas em função dos dias de armazenamento (Figura 3).

Figura 3- Perda de massa (%) dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

Para a perda de massa na comparação do tempo de armazenamento aumentou progressivamente ao longo dos dias (Figura 3), com maiores perdas aos 35 DA, com média de 2,32%. Esse efeito é resultado da perda de água por transpiração e respiração durante o amadurecimento, o que reduz a massa fresca dos frutos ao longo do tempo (Calore & Vieites, 2003). Em estudo realizado por Kazemi *et al.* (2011), os quais observaram que maçãs imersas em soluções de AS (0, 1, 3 e 5 mM) por cinco minutos, seguidas de armazenamento a 5 °C por até 60 dias, apresentaram menor perda de massa em todas as concentrações testadas em comparação ao controle, Zhang *et al.* (2024), ao imergir frutos de ameixa-europeia (*Prunus domestica L.*) em AS em concentração de 0,5 mM observaram menores perdas de massa ao ser comparado com a testemunha. Porém resultados semelhantes foram encontrados por Mazaro *et al.* (2015), onde aplicando ácido salicílico a 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM na pós-colheita de acerolas notou que as concentrações não tiveram efeito na perda de massa do fruto. Gacnik *et al.* (2021) estudando o efeito do AS e MeJA na pré-colheita de maçãs 'Topaz' notou que os dois produtos não tiveram influência sobre a perda de massa do fruto.

1.3.2 Taxa respiratória

Na Tabela 2, observa-se, na comparação entre as doses ao longo dos dias de armazenamento, houve diferença significativa aos 7, 14, 28 e 35 (DA). A testemunha

apresentou maiores taxas respiratórias aos 7 e 14 dias, com 28,36 e 28,80 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente e as demais doses não diferiram entre si. Aos 35 dias, esse tratamento apresentou a menor taxa, com 8,27 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, e as doses não diferiram entre si, com maiores taxas respiratórias (Tabela 2). Respostas estas, indicam metabolismo mais acelerado da testemunha e maior atividade fisiológica logo após a colheita. Esse comportamento pode estar associado à ausência de tratamento, o que favorece a intensificação do processo respiratório e, conseqüentemente, o avanço mais rápido da maturação.

Resultados semelhantes ao estudo, foram encontrados em frutos de ameixas (Zhang *et al.*, 2024) e de romã (El-Beltagi *et al.*, 2023), onde a aplicação de ácido salicílico retardou a taxa respiratória. Kazemi *et al.* (2011), ao estudarem o efeito de diferentes concentrações de AS em maçãs, observaram que tratamentos com 1,5 e 3 mM preservaram significativamente características como textura, sólidos solúveis e massa fresca, em parte devido à menor taxa respiratória. O AS atua como um sinalizador endógeno relacionado à indução de resistência a estresses bióticos e abióticos. Ele interfere na síntese de etileno ao inibir enzimas-chave do processo biossintético, como a ACC sintase e a ACC oxidase (Raskin, 1992). Essa inibição leva à redução da produção de etileno e, conseqüentemente, da taxa respiratória, retardando o amadurecimento dos frutos.

Tabela 2- Taxa respiratória (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

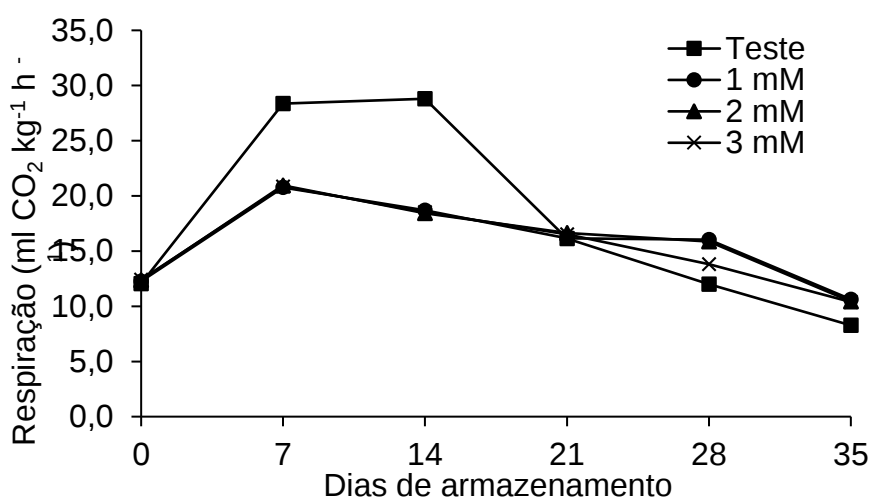
Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	12,05 aC	28,36aA	28,80 aA	16,14 aB	11,99 bC	8,27 bD
1 mM	12,26 aC	20,76bA	18,70 bAB	16,15 aB	16,03 aB	10,63 aC
2 mM	12,35 aC	20,95bA	18,43 bAB	16,65 aB	15,87 aB	10,44 aC
3 mM	12,40 aDE	20,85bA	18,52 bAB	16,51 aBC	13,81 abCD	10,39 aE

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a respiração dos frutos de abacate (Figura 4), na comparação de cada dose nos dias de armazenamento, os tratamentos apresentaram maiores taxas de respiração do 7 aos 14 dias de armazenamento, sem diferença estatística, com

aumentos percentuais de 139%, 52%, 49% e 49% respectivamente referente ao 0 (DA). No entanto as doses 1 mM e 2 mM a taxa respiratória não diferiram dos 14 até os 28 (DA). Para a dose de 3 mM os 14 (DA) não diferiu dos 21 (DA). De modo geral, as taxas respiratórias reduziram ao longo desses dias com 248% para a testemunha e 76%, 76% e 78% para as doses 1 mM, 2 mM e 3 mM de AS, respectivamente.

Figura 4- Taxa respiratória ($\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



A redução na taxa de respiração dos frutos é vantajosa, pois ajuda a prolongar a vida útil pós-colheita e a preservar a textura durante o transporte e o armazenamento. Os frutos de abacate apresentam comportamentos climatérico, caracterizados pela redução da taxa respiratória ao longo do armazenamento em todos os tratamentos. O aumento inicial da respiração é um evento secundário, impulsionado por uma maior produção de etileno durante o amadurecimento dos frutos (Calore & Vieites, 2003). Em outras espécies como o tomate, a aplicação de AS atrasou a senescência dos frutos, retardando o aumento de etileno e inibindo a taxa de respiração (Kumar *et al.*, 2018), uva (Ranjbaran *et al.*, 2011) e ameixa (Luo *et al.*, 2011).

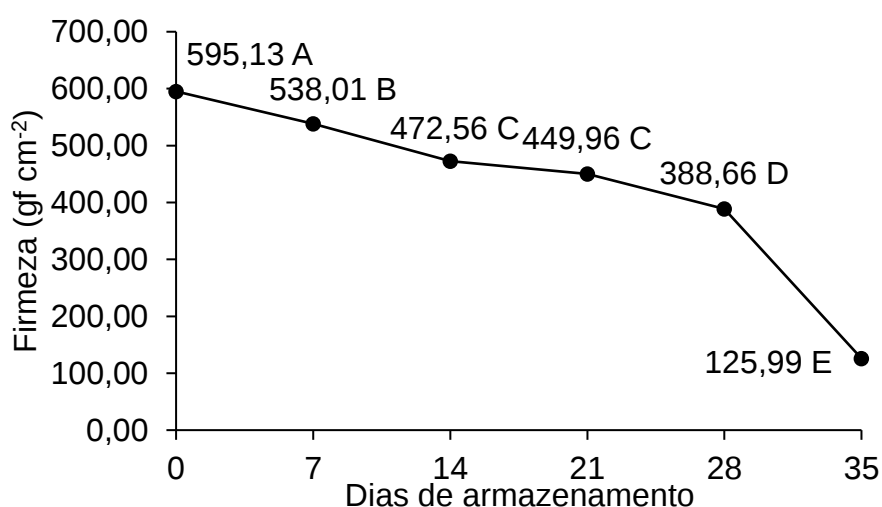
1.3.3 Firmeza

A firmeza é um atributo de qualidade vital, pois frutos firmes resistem melhor a danos mecânicos durante o transporte e a comercialização (HUSSEIN *et al.*, 2020). Bioquimicamente, a firmeza é mantida pela integridade da parede celular composta

por pectina, celulose e lignina (Batoool *et al.*, 2022) cuja degradação é mediada por enzimas como a poligalacturonase (PG), pectina metilesterase (PME) e celulase (CEL). A síntese da PG, em especial, é induzida pelo etileno, estabelecendo uma relação direta entre o amadurecimento hormonal e o amolecimento dos frutos (Kumar *et al.*, 2021).

No presente estudo, os frutos de abacate apresentaram uma redução significativa de 78,8% na firmeza ao longo do armazenamento, atingindo o valor mínimo de 125,9 N aos 35 dias (Figura 5), com diferença estatística apenas em função do tempo (Tabela 1). Essa perda de firmeza resulta de alterações estruturais que promovem o afrouxamento da matriz celular e a solubilização de pectinas (Pontes, 2009), além de ser acelerada pela transpiração e respiração do fruto.

Figura 5- Firmeza (gf cm^{-2}), dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

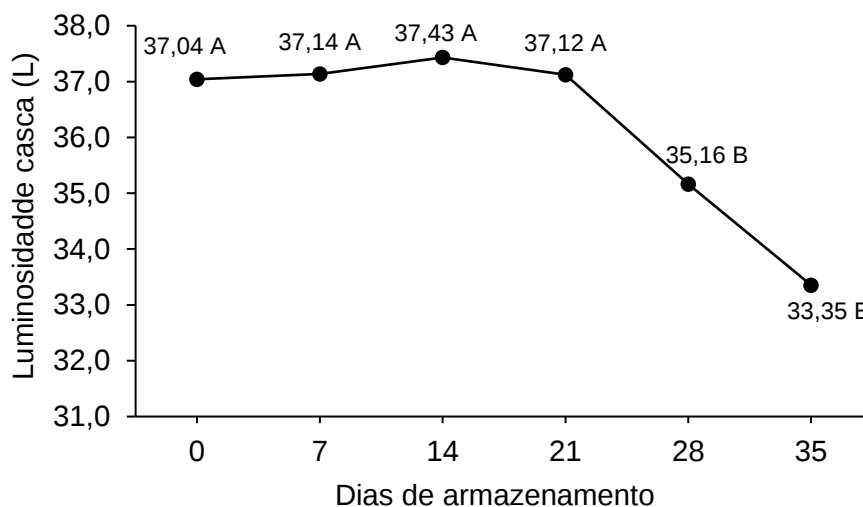
Tais resultados contrastam com estudos encontrados para pêssegos 'Flordaking', Tareen *et al.*, (2012) verificaram que o tratamento com AS retardou a perda de firmeza sob condições refrigeradas. Baek *et al.* (2021) ao aplicarem ácido salicílico e metil jasmonato (MeJa) em tomates, observaram que os tratados com AS a 0,5 mM obtiveram menores reduções de firmeza comparados a tratamento controle. Em estudo de Retamal-Salgado *et al.* (2023), em frutos de mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L.), observaram que o AS a 2 e 4 mM tiveram menores perdas de firmeza em comparação com a testemunha.

1.3.4 Coloração da casca e polpa

A coloração é um atributo essencial na qualidade do fruto, sendo um dos principais elementos responsável pela atração do consumidor. A casca do abacate cv. Hass apresenta uma firmeza grossa, rugosa e coloração verde na planta e logo após a colheita; entretanto, com o amadurecimento, ela adquire um tom marrom escuro (Donadio, 1995).

A luminosidade máxima foi de 37,43 aos 14 (DA), não diferindo estatisticamente dos dias 0, 7 e 21 (DA), o que corresponde a um aumento de 1,06% e redução de 12,22% aos 35 (DA) (Figura 6), demonstrando escurecimento progressivo, fenômeno comumente associado à degradação de clorofila e início da senescência (Oliveira *et al*, 2018).

Figura 6- Luminosidade da casca, dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

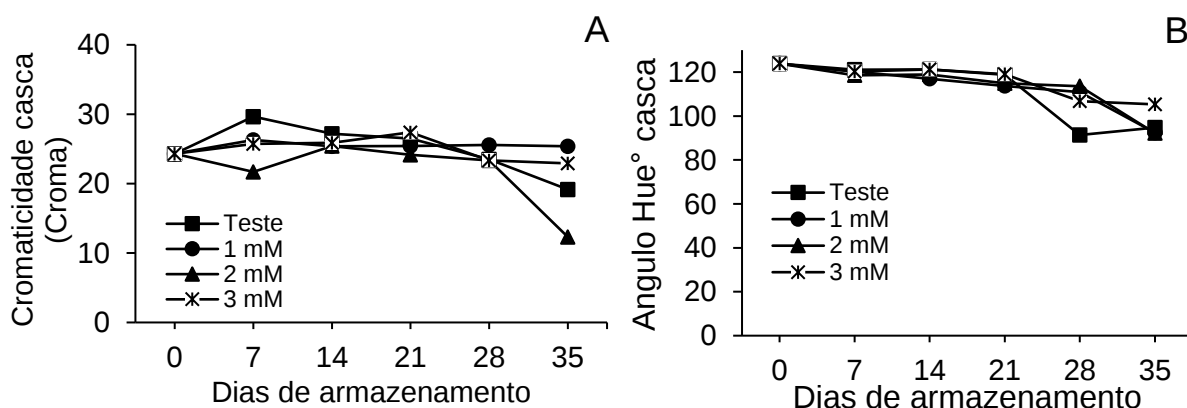
Na variável croma, observa-se, na Tabela 3, diferença significativa entre as doses aos 35 (DA). Aos 7 (DA), a testemunha apresentou maior valor cromaticidade da casca (29,66), diferindo apenas da dose de 2 mM de ácido salicílico, que aos 35 (DA), apresentou o menor valor de cromaticidade (12,33), diferindo estatisticamente das demais doses de (AS) (Tabela 3).

Tabela 3- Cromaticidade da casca (Croma) e ângulo °Hue da casca (°Hue), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Cromaticidade casca (Croma)						
Teste	24,32 aABC	29,66 aA	27,2 aAB	26,49 aAB	23,51 aBC	19,17 bC
1 mM	24,32 aA	26,29 abA	25,38 aA	25,43 aA	25,59 aA	25,38 aA
2 mM	24,32 aA	21,68 bA	25,42 aA	24,16 aA	23,34 aA	12,33 cB
3 mM	24,32 aA	25,75 abA	25,88 aA	27,39 aA	23,34 aA	22,92 abA
Angulo °Hue casca (°Hue)						
Teste	123,83 aA	121,07 aA	121,16 aA	118,78 aA	91,35 bB	94,72 abB
1 mM	123,83 aA	120,17 aAB	116,98 aAB	113,64 aAB	110,83 aB	92,43 bC
2 mM	123,83 aA	118,53 aA	118,86 aA	114,94 aA	113,55 aA	92,21 bB
3 mM	123,83 aA	120,25 aA	121,24 aA	118,98 aA	106,71 aB	105,31 aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7-Cromaticidade casca (Croma) (A), Ângulo Hue° casca (B), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



Na comparação de cada dose em função do tempo de armazenamento, a testemunha apresentou diferença estatística no dia 35 em relação aos dias 7, 14, 21 e 28. Já a dose de 2 mM apresentou diferença estatística apenas no último dia de armazenamento, com valor de 12,33. Observou-se aumento inicial em todas as doses, de 21,95; 8,1; 4,5 e 12,62% para a testemunha e para as doses de 1, 2 e 3 mM,

respectivamente, seguido por reduções de 54,72; 3,5; 106,16 e 19,50%. Esse comportamento mostra que, embora inicialmente possa haver intensificação da cor devido à exposição de pigmentos como carotenoides e antocianinas, o avanço do amadurecimento leva à degradação desses compostos (KUMAR *et al.*, 2021). Darwish *et al.* (2021), ao aplicar AS a 2 e 4 mM na pré-colheita de morangos observaram que não houve diferença estatística para luminosidade (L) em relação a testemunha. O mesmo ocorreu com Gačnik *et al.* (2021) também trabalhando com AS a 1 mM na pré-colheita de morangos, observaram que não houve diferença estatística para luminosidade, em relação a testemunha.

Em um estudo realizado por Koyuncu *et al.*, (2019), analisando os efeitos pós-colheita de ácido salicílico, ácido oxálico e putrescina em frutos de romã durante armazenamento em atmosfera controlada observaram que o croma da casca do tratamento contendo AS a 2 mM teve influência positiva ao ser comparado com a testemunha.

Em relação ao ângulo °Hue (Tabela 3), houve diferença significativa entre as doses. No 28º dia de armazenamento, a testemunha apresentou o menor valor de °Hue (91,35). Por outro lado, aos 35 DA, a dose de 3 mM de AS não diferiu estatisticamente da testemunha. Na comparação em cada dose função do tempo de armazenamento, a testemunha e a dose 3 mM apresentaram diferença estatística nos dias mais tardios, aos 28 e 35 (DA), não diferindo estatisticamente entre si. Para a dose 1 e 2 mM a diferença estatística foi apenas para o dia 35 (DA). Todas as doses de ácido salicílico e a testemunha reduziram ao longo do período de armazenamento, com valores mínimos aos 35 (DA) (Figura 7B). Esses valores representam reduções de 31%, 34%, 34% e 18%, respectivamente, em relação aos valores iniciais (Dia 0), indicando avanço do amadurecimento e degradação de pigmentos, como a clorofila, ao longo dos dias, o que reflete o avanço da senescência e a perda da qualidade visual do fruto. Resultados semelhantes foram encontrados em frutas de romã tratados com ácido salicílico a 2 mM, onde El-beltagi, Al-otaibi & Ali, (2023) observaram que o AS ajudou a manter os valores de °Hue em relação a testemunha. García-Pastor *et al.* (2020), em estudo com efeitos do AS a 1 mM em uvas observou que o ácido salicílico teve efeito positivo em relação a testemunha.

As mudanças na coloração da casca e/ou da polpa resultam da degradação da clorofila e da síntese de novos pigmentos, como os carotenoides, responsáveis pelas tonalidades amarelas, e as antocianinas, associadas às cores vermelha e roxa. Esse

atributo constitui um dos principais parâmetros utilizados para a classificação dos frutos no período pós-colheita (Nabi *et al.*, 2023).

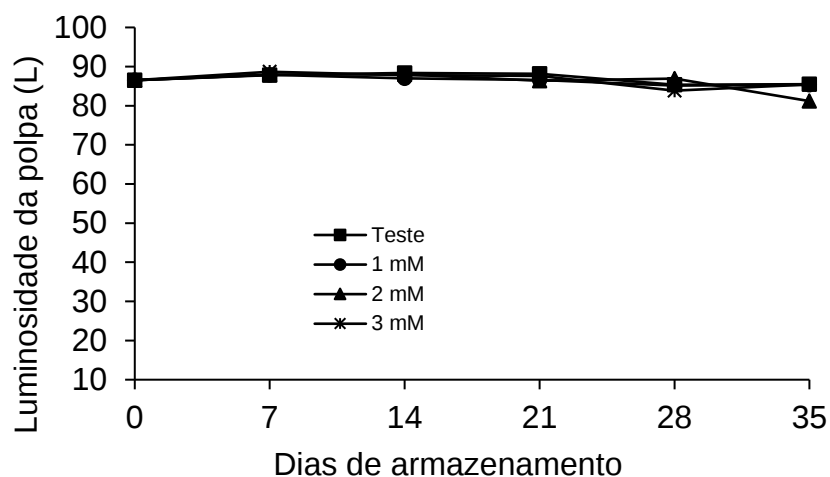
Na comparação entre as doses, em cada dia de armazenamento, para a coloração da polpa do abacate, observou-se diferença significativa na luminosidade (L) aos 28 (DA), a dose de 2 mM foi maior, diferindo apenas da dose de 3 mM. No entanto, aos 35 DA, a luminosidade da polpa foi menor nos frutos tratados com 2 mM (Figura 8). Na comparação de cada dose em função do tempo de armazenamento, a testemunha apresentou diferença estatística entre os dias 7 e 14 em relação aos dias 28 e 35 (DA), que apresentaram menores valores e não diferiram entre si. Para a dose de 1 mM, apenas o dia 7 diferiu estatisticamente dos dias 28 e 35 (DA), os quais também não diferiram entre si. A dose de 2 mM não apresentou diferença estatística do dia 0 ao dia 28; contudo, no dia 35 (DA) foi observada diferença estatística, com o menor valor registrado (81,18). Para a dose de 3 mM, não houve diferença estatística entre os dias 0 e 28, sendo observada diferença apenas no dia 35 (DA). Para a testemunha e para as doses de 1, 2 e 3 mM foram observados aumentos iniciais de 2,15; 1,61; 1,72 e 1,52%, respectivamente, seguidos de reduções de 3,39; 4,46; 8,38 e 5,74%, indicando escurecimento mais acentuado nesta dose ao final do período (Tabela 4), associado ao avanço da maturação e possível oxidação enzimática de compostos fenólicos, catalisada por enzimas como polifenoloxidase e peroxidase, comuns em frutos climatéricos como o abacate (Daiuto *et al.*, 2010; Chitarra & Chitarra, 2005).

Tabela 4- Luminosidade da polpa (L) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	86,50 aAB	87,82 aA	88,36 aA	88,17 aA	85,36 abB	85,46 aB
1 mM	86,50 aAB	87,90 aA	87,01 aAB	86,57 aAB	85,34 abB	84,14 aB
2 mM	86,50 aA	87,94 aA	87,99 aA	86,35 aA	86,90 aA	81,18 bB
3 mM	86,50 aAB	88,67 aA	87,82 aA	87,64 aAB	85,46 bC	83,85 aBC

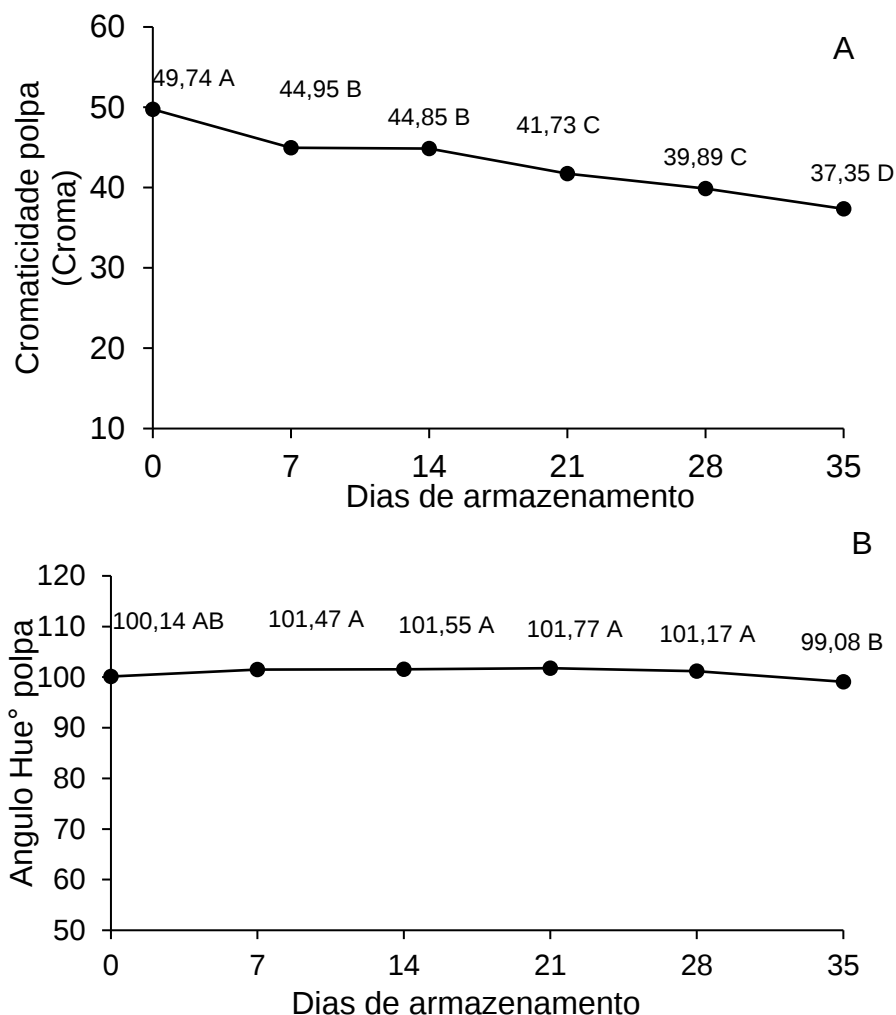
*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 8- Luminosidade polpa (L), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



Para a cor da polpa, o parâmetro cromaticidade apresentou diferença estatística apenas em função dos dias de armazenamento, com redução ao longo do período de armazenamento (Figura 9 A). O valor mínimo foi observado aos 35 (DA), com 37,35 o que representa uma redução de 33,17% em relação ao valor inicial, indicando perda de intensidade e saturação da cor da polpa ao longo do tempo.

Figura 9-Cromaticidade polpa (Croma) (A), Angulo Hue° polpa (B) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



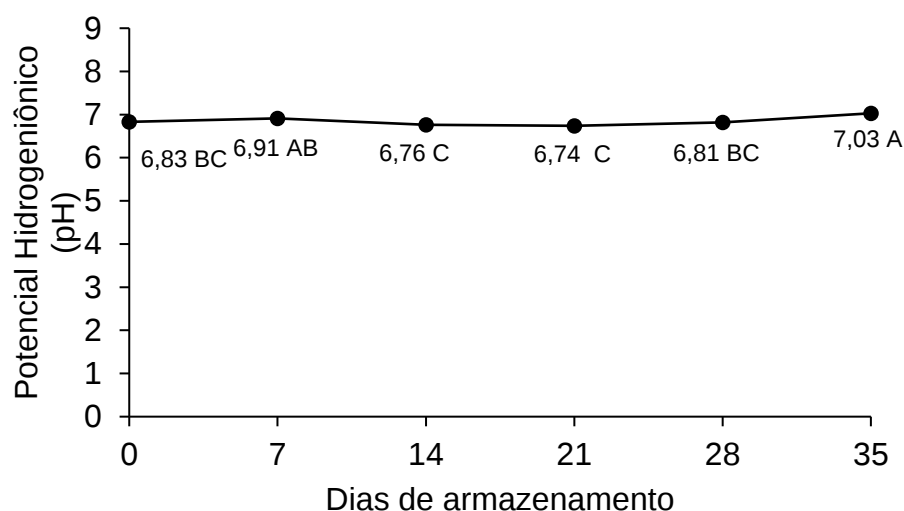
*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

Quanto ao ângulo °Hue da polpa, também não houve diferença entre as doses, somente durante o período de armazenamento (Tabela 1). No entanto não diferiu estatisticamente dos demais dias, com exceção aos 35 (DA), que foi menor com 99,08, esse valor representou uma redução de 2,71% (Figura 9B), isso representa alteração na tonalidade da polpa, possivelmente relacionada à evolução da maturação e início de processos oxidativos (Oliveira *et al*, 2018).

1.3.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

Em relação ao pH dos frutos não houve diferença entre as doses em cada dia de armazenamento (Tabela 1), a diferença estatística ocorreu apenas em função dos dias de armazenamento (Figura 10).

Figura 10- Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

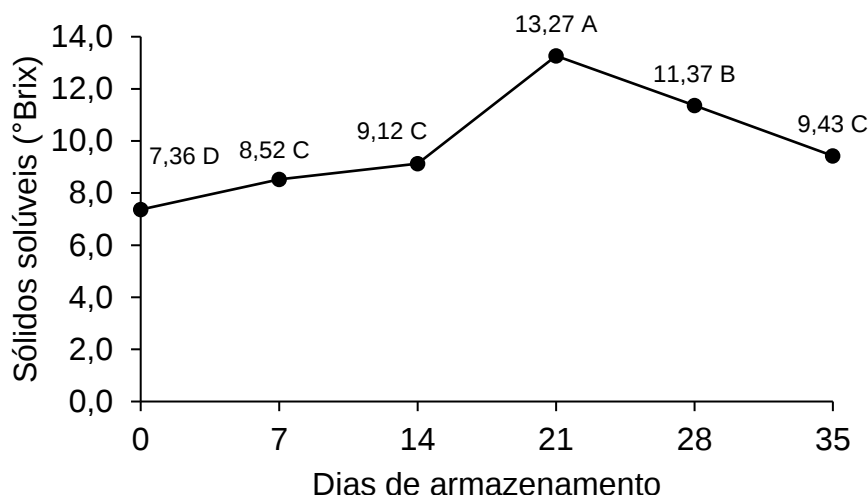
Não houve diferença para o pH, entre os dias 14, 21 e 28 (DA), representando uma redução de 2,52% em relação ao dia 0, porém teve um aumento de 4,30%, até o dia 35 (DA), com máximo pH de 7,03 (Figura 10). Demonstrando oscilações naturais do pH durante o amadurecimento, possivelmente associadas à degradação de ácidos orgânicos e variações no metabolismo respiratório. Nos frutos climatéricos, à medida que ocorre o amadurecimento, o teor de ácidos orgânicos é reduzido, acompanhada por alterações no pH (Chitarra; Chitarra, 2005). Esses resultados corroboram com Da Rosa *et al.* (2020), que, ao trabalharem com ácido salicílico na pós-colheita de morangos cultivar 'San Andreas', também não observaram diferenças significativas no pH entre os tratamentos, porém na pesquisa de Ramos-bel *et al.* (2024), que, ao aplicarem ácido salicílico (0,07 mM) combinado com quitosana (1.5%) observaram uma redução no pH desses frutos aplicados comparados com a testemunha. Embora o AS possa influenciar outras características fisiológicas e bioquímicas, seu efeito

sobre o pH pode ser limitado ou dependente da espécie, cultivar e condições de armazenamento.

1.3.6 Sólidos solúveis

Em relação aos sólidos solúveis (SS) também não houve diferença na comparação das doses em cada dia de armazenamento (Tabela 1), com diferença estatística apenas em função dos dias de armazenamento. O °Brix teve um aumento de 80,26% do dia 0 (DA) até o dia 21 (DA) com 13,27 °Brix, em seguida teve um declínio de 40,73% até o dia 35 (DA) nos valores de SS (Figura 11).

Figura 11- Sólidos solúveis (°Brix), dos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

O aumento no teor de sólidos solúveis ao longo do tempo de armazenamento resulta da degradação de polissacarídeos, a qual pode ter promovido a liberação de hexoses em níveis equivalentes, no caso da manutenção, ou superiores, no caso do aumento, ao consumo de açúcares pelos abacates durante os processos respiratórios e de biossíntese de lipídios. (Yang *et al.*, 2020; Chitarra; Chitarra, 2005). Esses são semelhantes a pesquisa de Silva *et al.* (2016), a qual avaliaram pêssegos 'Sensação' submetidos a inoculação de fungos da podridão-parda (*Monilinia fructicola*) e aplicação de ácido salicílico em pós-colheita observaram que os tratamentos com AS não influenciaram os teores de sólidos solúveis após o armazenamento refrigerado. Moreno *et al.* (2015), ao aplicarem ácido salicílico na pré-colheita em frutos de amora-

preta observaram que também não houve diferença estatística para sólidos solúveis totais. Porém Zhang *et al.* (2024), ao aplicarem 0,5 mM de ácido salicílico em ameixas, obtiveram menores valores de °Brix em relação a testemunha

1.3.7 Acidez titulável

Observou-se que, na comparação entre as doses ao longo dos dias de armazenamento, houve diferença significativa aos 14 (DA), sendo que a testemunha apresentou o menor teor de ácido cítrico (0,29%), enquanto as demais doses não diferiram entre si. Aos 21 (DA), a testemunha novamente apresentou o menor percentual de ácido cítrico (0,17%), diferindo estatisticamente das demais doses, a dose de 3 mM proporcionou o maior percentual de acidez titulável (0,36%) (Tabela 5).

Tabela 5- Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	0,50 aA	0,37 aB	0,29 bB	0,17 cC	0,16 aC	0,15 aC
1 mM	0,49 aA	0,41 aAB	0,37 aB	0,25 bC	0,22 aC	0,19 aC
2 mM	0,48 aA	0,39 aB	0,33 abBC	0,25 bCD	0,21 aD	0,18 aD
3 mM	0,49 aA	0,42 aAB	0,37 aB	0,36 aB	0,22 aC	0,21 aC

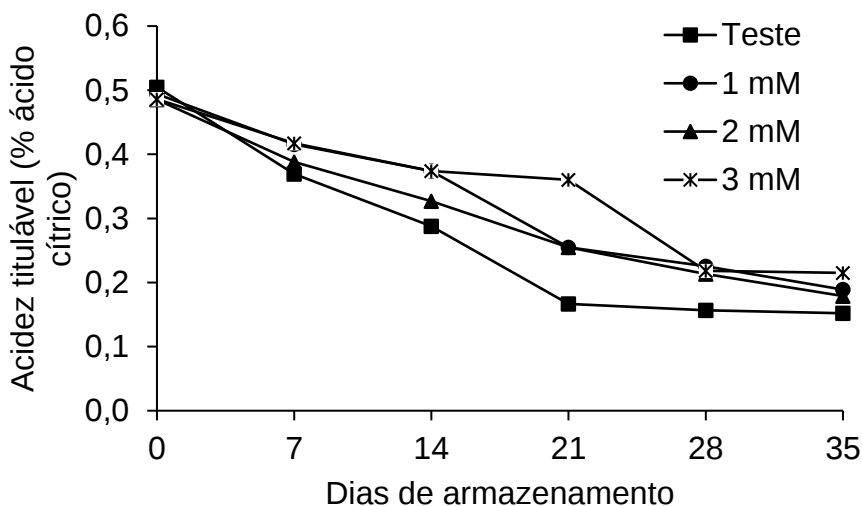
*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a acidez titulável dos frutos de abacate, na análise de cada dose em função do tempo de armazenamento, observou-se que a testemunha e as demais doses apresentaram maiores percentuais de ácido cítrico no tempo inicial (0 DA) (Tabela 5). No entanto as doses de 1 mM e 3 mM, não houve diferença significativa em relação ao dia 0 até 7 (DA). A testemunha e as doses de 1 mM e 2 mM não apresentaram diferenças significativas a partir de 21 (DA). A dose de 2 mM também não diferiu do valor observado aos 14 (DA). Para a dose de 3 mM, a partir de 28 (DA), não foram observadas diferenças estatísticas entre os períodos avaliados.

Esses resultados demonstram que, o AS em doses maiores podem diminuir a redução da acidez em dias intermediários. A partir do dia 0, a testemunha e as doses

1, 2 e 3 mM tiveram reduções de 232%, 161%, 171% e 126%, respectivamente até os 35 (DA) (Figura 12).

Figura 12- Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



Esses resultados são semelhantes aos estudos de Almasoud *et al.* (2024), ao aplicarem 1 mM de AS, apresentou menores perdas de acidez ao longo de 35 dias se comparado com a testemunha. Mazaro *et al.* (2015) aplicando AS em frutos de acerolas constataram que o ácido salicílico proporcionou maiores valores de acidez titulável, principalmente nas maiores doses, em relação ao da testemunha.

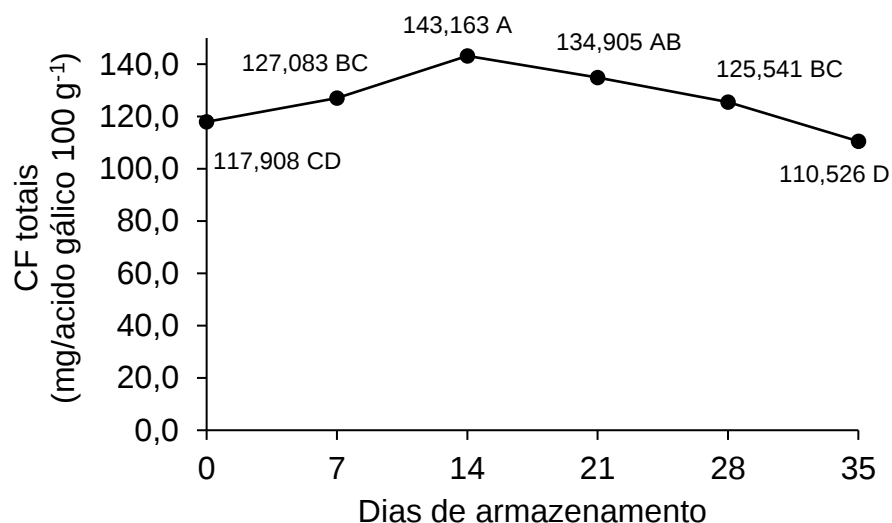
A redução da acidez é esperada no amadurecimento de frutos climatéricos, pois os ácidos são utilizados como fonte de energia no metabolismo respiratório e em reações biossintéticas (Chitarra & Chitarra, 2005). A acidez está associada à presença de ácidos orgânicos dissolvidos nos vacúolos das células vegetais, o que contribui para o aroma característico de certos produtos hortícolas (Nassur, 2009). Nos frutos climatéricos, é comum que, durante o amadurecimento, os níveis de ácidos orgânicos diminuam, principalmente devido à atividade respiratória ou à sua conversão em açúcares, resultando, assim, na redução do teor de acidez devido ao aumento de açúcares (Goulart *et al.*, 2012).

1.3.8 Compostos fenólicos

O conteúdo de compostos fenólicos totais não houve diferença entre as doses na comparação em cada dia avaliado do armazenamento, a diferença estatística

ocorreu apenas em função do tempo de armazenamento, aos 14 e 21 (DA), apresentaram maiores teores de compostos fenólicos, com 143,163 e 134,905 mg ácido gálico 100 g⁻¹, respectivamente, o qual resultou em um aumento de 21,42% do dia 14 (DA) em relação ao dia 0 (DA). Posteriormente a esse dia houve uma redução de 29,52% até o dia 35 (DA) que apresentou um menor teor de compostos fenólicos, com 110,526 mg ácido gálico 100 g⁻¹ (Figura 13). Essa redução está relacionada a diversas alterações químicas e enzimáticas em determinados fenóis ao longo do processo de amadurecimento (Machado *et al.*, 2021). Entre essas alterações, destacam-se a hidrólise de glicosídeos por glicosidases, a oxidação de fenóis promovida por fenoxidases e a polimerização de fenóis livres (Robads *et al.*, 1999; Vieites *et al.*, 2014).

Figura 13- Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g⁻¹) nos frutos de abacate, em função das doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey “p ≤ 0,05”

Esse resultado foi semelhante com os observados por Soethe *et al.* (2016) que, analisando o efeito do AS na pós-colheita de pêssegos ‘Flordaprince’ durante armazenamento refrigerado notou que os tratamentos contendo ácido salicílico não conseguiram se diferenciar da testemunha na análise de composto fenólicos.

Porém entram em desacordo com Win *et al.* (2022), que analisaram o efeito de diferentes concentrações de ácido salicílico na pós-colheita de manga “Bombay green”, onde os compostos fenólicos tiveram crescimento, depois decréscimo nos

dias de armazenamento finais. Zhang *et al.* (2024), observaram que o AS teve influência positiva sobre frutos de ameixa em relação a testemunha, e também por Ranjbaran *et al.* (2011), onde frutos de uva aplicados com AS tiveram maiores valores de compostos fenólicos em relação a testemunha nos dias mais tardios de armazenamento.

Essa tendência é comum em frutos climatéricos, em que a síntese de compostos fenólicos pode ser estimulada nos estágios iniciais do amadurecimento como resposta fisiológica ao estresse, mas tende a decrescer com a progressão da senescência, devido à degradação oxidativa ou polimerização (Kumar *et al.*, 2018; Chitarra & Chitarra, 2005).

1.3.9 Flavonoides

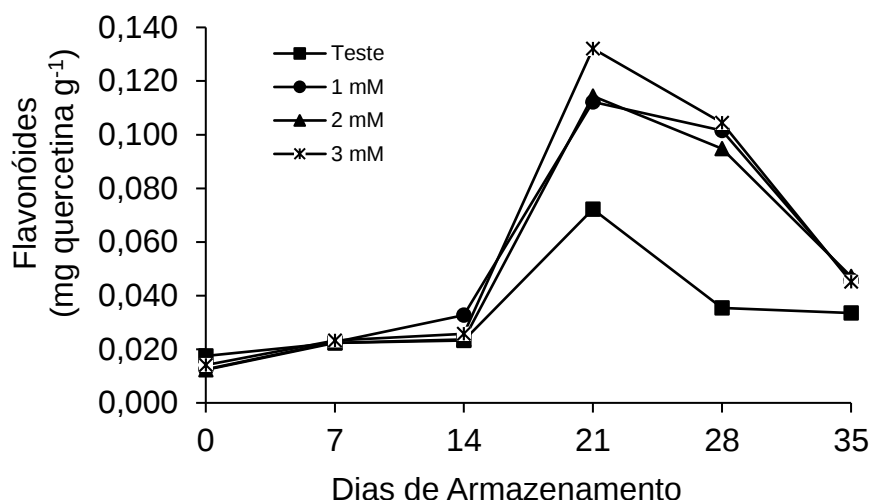
Na comparação entre as doses em cada dia de armazenamento, observou-se diferença aos 21 e 28 (DA), a testemunha apresentou menor teor de flavonoides para ambos dos dias e a dose de 3 mM de ácido salicílico resultou no maior teor de flavonoides totais, com 0,1321 mg quercetina g⁻¹ aos 21 (DA), não diferiu das demais doses aos 28 (DA), (Tabela 6). Na comparação de cada dose em função do tempo de armazenamento, os maiores teores de flavonoides foram observados no dia 28. A testemunha apresentou o menor valor no dia 0 (0,0175 mg de quercetina g⁻¹), não diferindo estatisticamente dos dias 7 e 14 (DA). A dose de 1 mM também apresentou seu menor valor no dia 0 (0,0125 mg de quercetina g⁻¹), não diferindo estatisticamente apenas do dia 7 (DA). Para as doses de 2 e 3 mM, os dias 0, 7 e 14 (DA) apresentaram os menores valores, não diferindo estatisticamente entre si. Do dia 0 aos 21 (DA) houve aumento para todos os tratamentos de 312,17% (testemunha), 797,70% (1 mM), 830,08% (2 mM) e 836,87% (3 mM), evidenciando o efeito positivo do AS na preservação ou estímulo desses compostos ao longo do armazenamento. A partir do dia 21, houve uma redução para todos os tratamentos, sendo, respectivamente, 115,52, 144,97, 142,88 e 192,90 % até os 35 (DA). Demonstrando variações relacionadas tanto à progressão do amadurecimento quanto à ação do ácido salicílico sobre a síntese ou degradação de flavonoides (Figura 14).

Tabela 6- Flavonoides totais (mg quercetina g⁻¹), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	0,0175 aC	0,0223 aBC	0,0233 aBC	0,0722 cA	0,0354 bB	0,0335 aB
1 mM	0,0125 aD	0,0227 aCD	0,0326 aBC	0,1122 bA	0,1015 aA	0,0458 aB
2 mM	0,0123 aD	0,0223 aD	0,0237 aD	0,1144 bA	0,0948 aB	0,0471 aC
3 mM	0,0141 aD	0,0233 aD	0,0257 aD	0,1321 aA	0,1044 aB	0,0451 aC

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 14- Flavonoides totais (mg quercetina g⁻¹), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



Esse resultado corrobora com estudo de Kazemi *et al.* (2011), que observaram aumento nos flavonoides em maçãs tratadas com AS em função da indução da atividade da enzima PAL (fenilalanina amônia-liase), envolvida na via biossintética de compostos fenólicos. Resultado similares foram observados no estudo do Borsatti *et al.* (2014), os quais observaram que o AS nas doses de 1; 1,5; e 2 mM aumentaram os valores de flavonoides em amora-preta em armazenamento refrigerado. Taher *et al.* (2022), estudando a aplicação de AS combinado com polivinilpirrolidona e goma arábica observaram maiores valores de flavonoides a 1 e 2 mM em pêssegos. O conteúdo de flavonoides totais tende a se reduzir nos estágios finais do

armazenamento, devido a fatores como oxidação e degradação enzimática (Chitarra & Chitarra, 2005).

1.3.10 Atividade antioxidante (DPPH)

A atividade antioxidante (% de DPPH reduzido) dos frutos de abacate variou significativamente em função das doses de ácido salicílico (AS) e do tempo de armazenamento (Tabela 7). No dia 0, todos os tratamentos apresentaram baixos valores de atividade antioxidante, variando de 3,48% na dose de 2 mM a 4,63% na dose de 3 mM, sem diferenças expressivas entre si, refletindo o estágio inicial de maturação dos frutos.

Tabela 7- Atividade antioxidante (% de DPPH reduzido), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	3,94 aC	10,08 aAB	11,54 aA	10,06 cAB	9,32 bB	9,306 aB
1 mM	3,73 aC	9,70 aB	11,71 aAB	12,19 bA	10,33 abAB	10,32 aAB
2 mM	3,48 aC	9,44 aB	11,98 aA	11,49 bcAB	9,54 bB	9,536 aB
3 mM	4,63 aC	10,21 aB	12,33 aB	15,85 aA	11,62 aB	10,32 aB

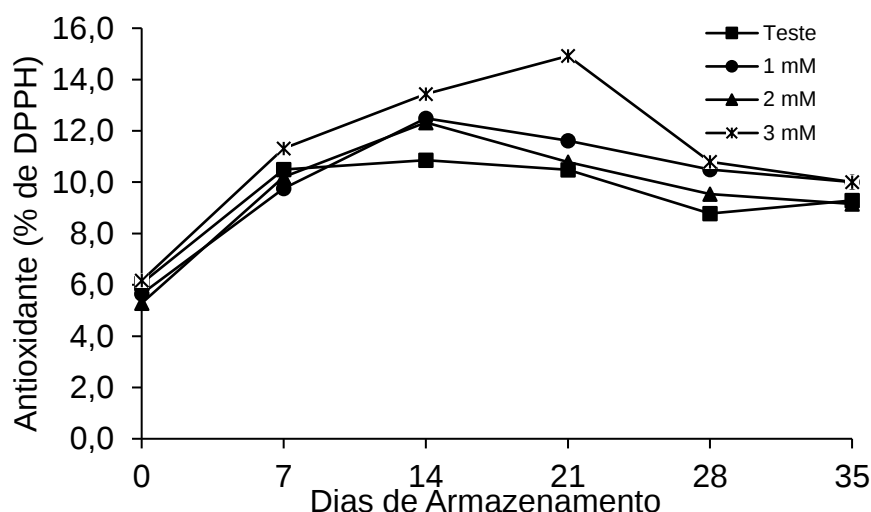
*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Observou-se que ao comparar as doses em cada dia de armazenamento (Tabela 8) aos 21 e 28 (DA), o maior destaque ocorreu aos 21 dias, quando a dose de 3 mM apresentou o valor máximo de atividade antioxidante (15,85%) e (11,62%) respectivamente. Esse resultado é evidência do ácido salicílico, com maior estímulo da capacidade antioxidante em concentrações mais elevadas nesse período.

Na comparação de cada dose em função do tempo de armazenamento, verificou-se que, para a testemunha, não houve diferença significativa entre 7 e 14 dias de armazenamento (DA), período no qual foram observados os maiores percentuais de atividade antioxidante. Para a dose de 1 mM, os maiores valores de atividade antioxidante ocorreram entre 14 e 35 DA, sem diferença significativa entre esses períodos. Na dose de 2 mM, a maior atividade antioxidante foi registrada aos 14 e 21 DA, os quais não diferiram entre si. Para a dose de 3 mM, o valor máximo foi

observado aos 21 DA, com 15,85% de DPPH reduzido, correspondendo a um aumento de 242,33% em relação ao valor inicial, seguido por uma queda acentuada até 35 DA, evidenciando oscilações mais marcantes ao longo do tempo (Figura 15).

Figura 15- Atividade antioxidante (% de DPPH reduzido), nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de ácido salicílico (AS) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



Resultados semelhantes foram relatados por Dokhanieh *et al.* (2013), que, ao avaliarem frutos de cornizo em pós-colheita, observaram maiores valores nos frutos tratados com ácido salicílico (AS) em comparação à testemunha. Zhang *et al.* (2024) verificaram aumento da atividade antioxidante em ameixas tratadas com AS aos 12 dias de armazenamento, também superior ao controle. Além disso, Win & Setha (2022) constataram diferenças significativas entre os tratamentos, com frutos de manga submetidos ao AS, tanto na pré quanto na pós-colheita, apresentando valores mais elevados a partir do 10º dia de armazenamento, reforçando a eficácia do composto na manutenção da qualidade pós-colheita.

Esse comportamento indica que a aplicação de ácido salicílico estimula temporariamente a atividade antioxidante dos frutos, especialmente nas primeiras semanas de armazenamento, possivelmente em função da indução da biossíntese de compostos fenólicos e flavonoides, os quais atuam como mecanismos de defesa antioxidante frente ao estresse fisiológico pós-colheita. Contudo, a estabilidade desse efeito parece ser dose e tempo dependente, com declínio nos estágios mais avançados de armazenamento, como também relatado por Kumar *et al.* (2018) e Kazemi *et al.* (2011) com tomates e maçãs, respectivamente. Os frutos produzem

compostos antioxidantes de forma natural, mas esses compostos podem ser reduzidos devido aos processos de armazenamento e processamento, o que impacta a capacidade antioxidante do alimento (Kaur & Kapoor, 2001).

1.4 Análise dos componentes principais (ACP)

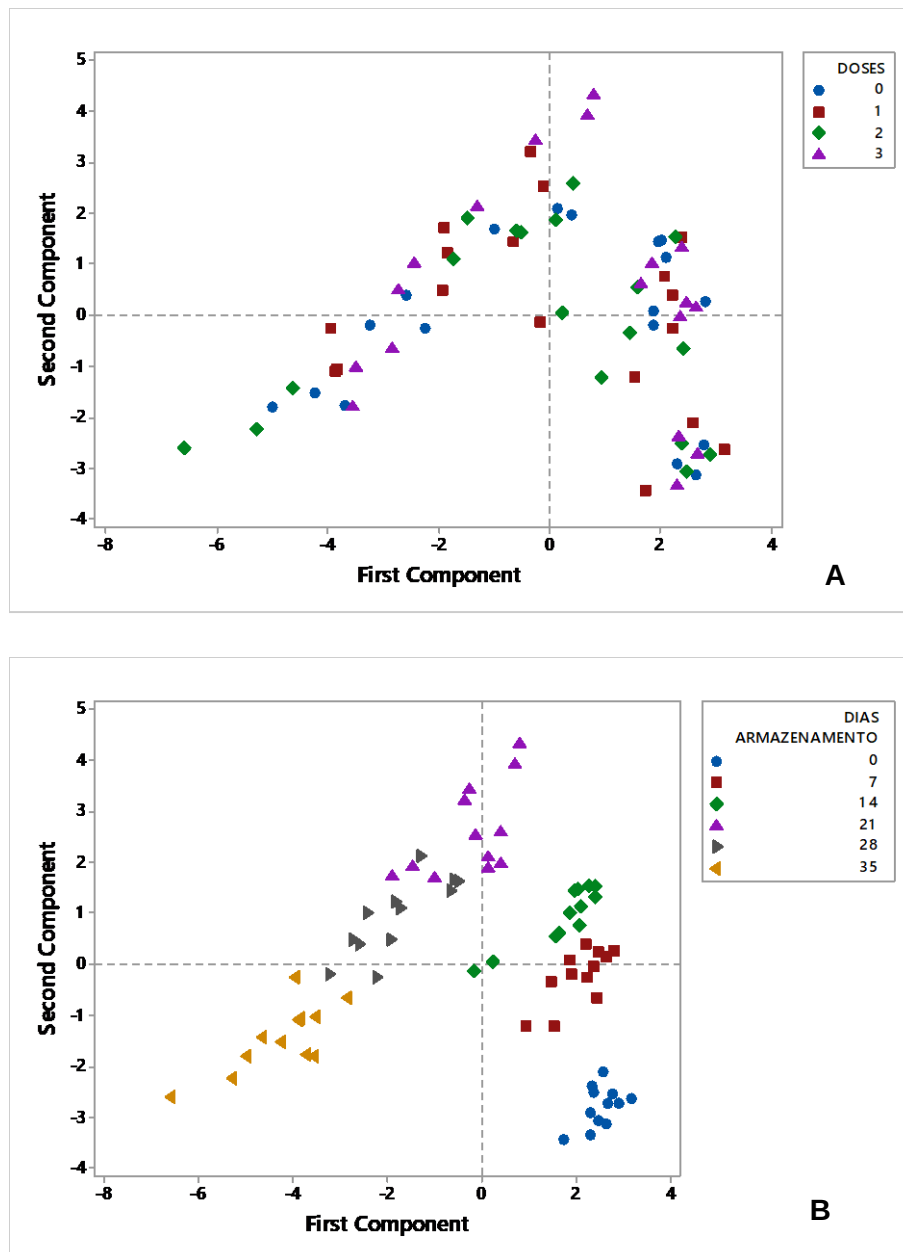
Tabela 8- Valores das variáveis e variância acumulada dentro de PC-1 e PC-2.

Variável	PC1	PC2
Perda de massa	-0.362	0.166
Respiração	0.218	0.225
Firmeza	0.354	0.011
Luminosidade casca	0.281	0.144
Croma casca	0.231	0.219
Ângulo °Hue casca	0.355	0.047
Luminosidade polpa	0.289	0.168
Croma polpa	0.342	-0.165
Ângulo °Hue polpa	0.142	0.286
pH	-0.167	-0.259
Sólidos solúveis	-0.154	0.407
Acidez	0.330	-0.191
Compostos fenólicos	0.157	0.323
Flavonóides	-0.148	0.383
Antioxidante	-0.103	0.440
Variância	0.429	0.235
Variância acumulada	0.429	0.664

A análise dos componentes principais (PCA) permitiu visualizar a correlação das doses de ácido salicílico (AS) em função do tempo de armazenamento.

Os dois primeiros componentes principais explicaram conjuntamente 66% da variabilidade total dos dados, sendo 42% atribuídos ao primeiro componente (PC1), o que indica adequada representação das inter-relações entre as variáveis analisadas.

Figura 16- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais das doses de AS (mM) em cada dia (A) e dos dias de armazenamento nas doses (B).



A separação observada na análise dos componentes principais está diretamente associada às respostas fisiológicas e bioquímicas avaliadas ao longo do armazenamento.

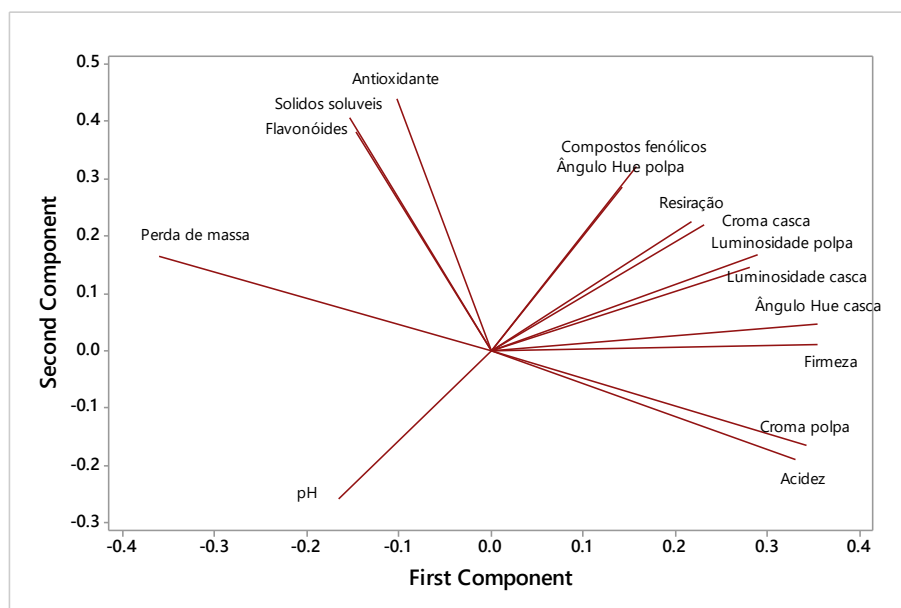
O agrupamento dos tratamentos nos dias 0, 7 e 14 coincide com os resultados univariados, nos quais não foram observadas diferenças expressivas entre as doses

de ácido salicílico para taxa respiratória e atividade antioxidante, indicando comportamento fisiológico semelhante entre os frutos nos estágios iniciais.

Em contrapartida, o maior distanciamento entre as doses a partir de 21 dias de armazenamento reflete o surgimento de respostas diferenciadas, evidenciado pelo aumento e posterior declínio da atividade antioxidante, especialmente nas doses mais elevadas de ácido salicílico, bem como pelas alterações nas taxas respiratórias ao longo do tempo.

Esses resultados indicam que os efeitos do ácido salicílico tornam-se mais pronunciados com o avanço do armazenamento, modulando o metabolismo oxidativo e a dinâmica respiratória dos frutos. Assim, a ACP corrobora os resultados obtidos pelas análises individuais, reforçando que o tempo de armazenamento exerce papel determinante na intensificação das respostas aos tratamentos com ácido salicílico.

Figura 17- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais para as variáveis analisadas. Com maior tempo de armazenamto as doses influenciam mais colocar o gráfico do tempo e não da dose



A análise de componentes principais evidenciou a associação entre as variáveis físico-químicas e bioquímicas dos frutos ao longo do armazenamento. No eixo PC-2, observou-se maior contribuição de parâmetros como cromaticidade da casca e da polpa, acidez titulável, firmeza, taxa respiratória e teor de compostos fenólicos, os quais se associaram aos períodos iniciais de armazenamento. Esses atributos

refletem metabolismo mais ativo e maior integridade estrutural dos tecidos, característicos de estágios menos avançados de maturação.

Em contraste, o eixo PC-1 foi fortemente influenciado pelas variáveis perda de massa, atividade antioxidante, teor de flavonoides, sólidos solúveis e pH, que se associaram aos períodos mais avançados de armazenamento. O aumento da perda de massa indica intensificação da transpiração e da respiração, enquanto o incremento da atividade antioxidante e dos flavonoides está relacionado à ativação de mecanismos de defesa antioxidante frente ao estresse oxidativo, típico do avanço da maturação e da senescência em frutos climatéricos.

Além disso, a oposição entre os vetores de perda de massa e cromaticidade da polpa indica que frutos em estágios iniciais apresentam maior intensidade de cor, a qual diminui progressivamente com o avanço do armazenamento, concomitantemente ao aumento da desidratação e da senescência. Em condições de pH mais elevado, os compostos fenólicos tornam-se mais suscetíveis à degradação, especialmente aquelas sensíveis à alcalinidade, comportamento compatível com os menores teores observados nos estágios finais de armazenamento.

Os resultados enfatizam a importância do tempo de armazenamento em frutos climatéricos, demonstrando que, tanto na parte física, química e biológica os abacates sofreram alterações ao longo dos dias o qual foi estudado (Chitarra; Chitarra, 2005).

1.5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado este trabalho, pode-se concluir que:

- As doses de 1 e 2 mM mostraram maior eficiência na manutenção da coloração e na redução da taxa de respiração
- A dose de 3 mM destacou-se na preservação da acidez titulável e também proporcionou os maiores teores de flavonoides totais e maior atividade antioxidante, especialmente entre 14 e 28 dias de armazenamento.

REFERÊNCIAS

ALMASOUD, W. A. *et al.* Influence of Salicylic Acid and Melatonin During Postharvest Refrigeration on Prolonging Keitt Mango Freshness. **Sustainability**, v. 16, n. 23, p. 10675, 2024.

AWAD, R. M. Effect of post-harvest salicylic acid treatments on fruit quality of peach cv." Flordaprince" during cold storage. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 7, p. 920-927, 2013.

AWAD, M. M.; JAGER, A.; WESTING, L. M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 83, n. 3-4, p. 249-263, Mar. 2000.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2005.

BAEK, M. W. *et al.* Preharvest treatment of methyl jasmonate and salicylic acid increase the yield, antioxidant activity and GABA content of tomato. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. 2293, 2021.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015.

BATOOL, M. *et al.* Effect of oxalic acid and salicylic acid treatments on the post-harvest life of temperate grown apricot varieties (*Prunus armeniaca*) during controlled atmosphere storage. **Food Science and Technology International**, v. 28, n. 7, p. 557-569, 2022.

BECKERS, G. J. M.; SPOEL, S. H. Fine-tuning plant defence signalling: salicylate versus jasmonate. **Plant biology**, v. 8, n. 01, p. 1-10, 2006.

BHORE, S. J. *et al.* The avocado (*Persea americana* Mill.): a review and sustainability perspectives. **ResearchGate**.(12), p. 1-50, 2021.

BLEINROTH, E. W.; ZUCCHINI, L. L.; POMPEO, D. C. Técnica de medição da atividade respiratória de frutas. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico de Campinas**, n. 33, p. 1–12, 1976.

BORSATTI, F. R. **Efeito do ácido salicílico na conservação pós-colheita de frutos de pimentão** (*Capsicum annuum* L.). 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: ANVISA, 2005.

BUENO, P. H. T. **Panorama geral das perdas e desperdício de alimentos e soluções para o acesso à alimentação**. 2019. Disponível <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26604/4/PanoramaGeralPerdas.pdf>. em: 20 jan. 2024.

CALORE, L. A.; VIEITES, R. L. L. Influência do armazenamento refrigerado na vida útil de banana prata. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 31–37, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 785 p, 2005

DA ROSA, C. M. *et al.* Aplicação de ácido salicílico na pós-colheita de morangos 'San Andreas': efeitos sobre atributos físico-químicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 2, p. 1–8, 2020.

DAIUTO, É.R *et al.* Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 417-424, 2014.

DAIUTO, E. R. *et al.* Armazenamento refrigerado de abacate 'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 122–131, 2010.

DARWISH, O. S. *et al.* Pre-harvest application of salicylic acid, abscisic acid, and methyl jasmonate conserve bioactive compounds of strawberry fruits during refrigerated storage. **Horticulturae**, v. 7, n. 12, p. 568, 2021.

DOKHANIEH, A. Y. *et al.* Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 154, p. 31-36, 2013

DONADIO, L. C. Variedades de abacateiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 17, n. 1, p. 85–92, 1995.

DUARTE, P. F. *et al.* Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1196–1204, 2016.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 185-209, 2004.

EL-BELTAGI, H. S.; AL-OTAIBI, H. H.; ALI, M. R. A new approach for extending shelf-life of pomegranate arils with combined application of salicylic acid and methyl jasmonate. **Horticulturae**, v. 9, n. 2, p. 225, 2023

ELMENOFY, H. M. *et al.* Yield, fruit quality, and storability of ‘Canino’apricot in response to aminoethoxyvinylglycine, salicylic acid, and chitosan. **Plants**, v. 10, n. 9, p. 1838, 2021.

GAČNIK, S. *et al.* Salicylate treatment affects fruit quality and also alters the composition of metabolites in strawberries. **Horticulturae**, v. 7, n. 10, p. 400, 2021.

GARCÍA-PASTOR, M. E. *et al.* Preharvest salicylate treatments enhance antioxidant compounds, color and crop yield in low pigmented-table grape cultivars and preserve quality traits during storage. **Antioxidants**, v. 9, n. 9, p. 832, 2020.

GIONGO, L *et al.* Texture profiling of blueberries (*Vaccinium* spp.) during fruit development, ripening and storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 34-39, 2013.

GOULART, P. F. P. Sustentabilidade produtiva do cerrado. Fisiologia Pós Colheita. p. 64. **Editora Composer**, 2012.

HAILU, W; BEKELE, T. Quality and phsio-chemical changes associated with processing and properties of fruits and vegetables. **Cogent Food & Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 2419957, 2024.

HERNÁNDEZ, I. *et al.* Transcriptome and hormone analyses reveals differences in physiological age of Hass' avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 185, p. 111806, 2022.

HUSSEIN, Z; FAWOLE, O. A; OPARA, U. O. Bruise damage of pomegranate during long-term cold storage: Susceptibility to bruising and changes in textural properties of fruit. **International Journal of Fruit Science**, v. 20, n. sup2, p. S211-S230, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de abacate. IBGE, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacate/br>>. Acesso em: 05 set. 2024.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 703–725, 2001.

KAZEMI, M.; ARAN, M.; ZAMANI, S. Effect of salicylic acid and calcium chloride on quality characteristics of apple fruits during storage. **American Journal of Plant Physiology**, v. 6, n. 3, p. 183–189, 2011.

KLUGE, R. A. *et al.* **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutos tropicais**. Campinas: Editora da Unicamp, 140 p, 2002

KOYUNCU, M. A. *et al.* Postharvest treatments of salicylic acid, oxalic acid and putrescine influences bioactive compounds and quality of pomegranate during controlled atmosphere storage. **Journal of food science and technology**, v. 56, n. 1, p. 350-359, 2019.

KUMAR, N. *et al.* Impact of exogenous salicylic acid treatment on the cell wall metabolism and ripening process in postharvest tomato fruit stored at ambient temperature. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 6, p. 2961-2972, 2021.

KUMAR, N. *et al.* Effect of salicylic acid on post-harvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 1, p. 1744-1747, 2018.

LIEU, M.D. *et al.* A review of preservation approaches for extending avocado fruit shelf-life. **Journal of Agriculture and Food Research**, p. 101102, 2024.

LUO, Z. *et al.* Effect of salicylic acid on delaying postharvest ripening and senescence in Chinese plum. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 2, p. 132–137, 2011.

MACHADO, W. R. C. *et al.* Incorporação de compostos fenólicos em produtos alimentícios: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 46470-46499, 2021.

MANRIQUE, G.D.; LAJOLO, F.M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, p. 1126, 2004.

MAZARO, S. M. *et al.* Qualidade pós-colheita de acerolas tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p. 512-517, 2015.

MENSOR, L. L. *et al.* Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, p. 127–130, 2001.

MINOLTA. **Precise Color Communication**. Osaka: Minolta Co. Ltd., 1998.

MORENO, B. M. *et al.* EFEITO DO ÁCIDO SALICÍLICO NA PRÉ--COLHEITA DE AMORA PRETA CV. TUPY. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 16, n. 2, p. 234-239, 2015.

NABI, B.G *et al.* Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products. **Food Bioscience**, v. 52, p. 102403, 2023.

NASSUR, R. C. M. **Mudanças fisiológicas e bioquímicas durante o amadurecimento de frutos**. Lavras: UFLA, 2009. (Apostila de pós-colheita).

OLIVEIRA, V.C.; MENDES, F.Q. Técnicas de preservação pós-colheita de frutas e hortaliças: **Uma revisão narrativa**. 2021.

OLIVEIRA, C. T. A. *et al.* Métodos tradicionais e emergentes para evitar o escurecimento enzimático de vegetais. 2018.

OLIVEIRA, A. F. de; SILVA, L. F. O. da; MESQUITA, H. A. de. Extração de azeite de abacate para uso gourmet. **Informe agropecuário. Abacate: tecnologias de produção e benefícios à saúde**. Belo Horizonte, v. 39, n.303, p.102-117, 2018.

PONTES, F. M. Maturação, armazenamento e metabolismo da parede celular de diferentes variedades de melões. 2017.

RAMOS-BELL, S. *et al.* Physicochemical preservation of blueberries treated with chitosan and salicylic acid in postharvest. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 15, n. 5, 2024.

RANADE, S., T. P. A review on Persea Americana Mill. (Avocado)- Its fruit and oil. **International Journal of PharmTech Research**, 8, 72-77. 2015

RANJBARAN, E. *et al.* Effect of salicylic acid on storage life and postharvest quality of grape (*Vitis vinifera* L. cv. Bidaneh Sefid). J. Fac. Agr., **Kyushu Univ.** V.56, n2.p. 263–269, 2011.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 43, p. 439–463, 1992.

RETAMAL-SALGADO, J. *et al.* Preharvest applications of oxalic acid and salicylic acid increase fruit firmness and polyphenolic content in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **Horticulturae**, v. 9, n. 6, p. 639, 2023

ROBARDS, K. *et al.* Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, v. 66, p. 401–436, 1999.

SANTOS-SÁNCHEZ, N. F. *et al.* Natural antioxidant extracts as food preservatives. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 16, n. 4, p. 361-370, 2017

SANTOS, J. L. F. *et al.* Recobrimentos comestíveis na conservação pós-colheita de abacate. **Scientia Plena**, v. 11, n. 12, 2015.

SANTOS, M. D.; BLATT, C. T. T. Teor de flavonoides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miers. de mata e de cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 135-140, Aug. 1998.

SANCHES, J.; DURIGAN, J. F.; DURIGAN, Maria FB. Application of mechanical damages in avocados and their effects to the quality of the fruits. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 164-175, 2008.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999.

SHI, Z. *et al.* Effects of graft copolymer of chitosan and salicylic acid on reducing rot of postharvest fruit and retarding cell wall degradation in grapefruit during storage. **Food Chemistry**, v. 283, p. 92-100, 2019.

SOETHE, C. *et al.* Qualidade, compostos fenólicos e atividade antioxidante de amoras-pretas' Tupy'e'Guarani'armazenadas a diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 08, p. 950-957, 2016.

STEPHEN, J.; RADHAKRISHNAN, M. Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit: Nutritional value, handling and processing techniques, and health benefits. **Journal of food processing and preservation**, v. 46, n. 12, p. e17207, 2022.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 7ed. Porto Alegre: Artmed, 2024.

TAHER, M. A. *et al.* Impacts of gum arabic and polyvinylpyrrolidone (PVP) with salicylic acid on peach fruit (*Prunus persica*) shelf life. **Molecules**, v. 27, n. 8, p. 2595, 2022.

TAREEN, M.J.; ABBASI, N.A.; HAFIZ, I.A. Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv. 'Flordaking'. **Pakistan Journal of Botany**, v. 44, n. 1, p. 119-124, 2012.

WIN, S.T.; SETHA, S. Enhancement of anti-inflammatory and antioxidant activities of mango fruit by pre-and postharvest application of salicylic acid. **Horticulturae**, v. 8, n. 6, p. 555, 2022.

YANG, C. *et al.* Efeito do tratamento com ácido salicílico na qualidade sensorial, nas substâncias químicas relacionadas ao sabor e na expressão gênica em pêssegos após armazenamento refrigerado. **Biologia e Tecnologia Pós-Colheita**, v. 161, p. 111089, 2020.

YAO, H.; TIAN, S. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 3, p. 253-262, 2005.

ZHANG, X. *et al.* Salicylic acid treatment ameliorates postharvest quality deterioration in 'France'prune (*Prunus domestica* L. 'Ximei') fruit by modulating the antioxidant system. **Foods**, v. 13, n. 18, p. 2871, 2024.

ZHANG, H. *et al.* Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. **Biological Control**, v. 47, n. 1, p. 60-65, 2008.

ZHANG, X. *et al.* Salicylic acid treatment ameliorates postharvest quality deterioration in 'France'prune (*Prunus domestica* L. 'Ximei') fruit by modulating the antioxidant system. **Foods**, v. 13, n. 18, p. 2871, 2024.

CAPÍTULO 2

AMINOETOXIVINILGLICINA NA CONSERVAÇÃO REFRIGERADA DE ABACATE cv. HASS

RESUMO

O abacate (*Persea americana* Mill) é um fruto climatérico. A variedade 'Hass', conhecida como avocado, possui alto valor agregado e é destinada principalmente à exportação. Por isso, há interesse comercial em testar técnicas que preservem sua qualidade pós-colheita, como a aplicação de aminoetoxivinilglicina (AVG). O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações na qualidade físico-química de frutos de abacate cv. 'Hass' submetidos a tratamentos pós-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG). O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Horticultura da FCA-UNESP. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas no tempo (4×6), sendo as parcelas constituídas pelas doses de AVG (500, 1000 e 1500 mg L⁻¹), além do tratamento controle (água), e as subparcelas correspondentes aos seis dias de armazenamento (DA): 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias, com três repetições. Os frutos foram submetidos à imersão por 5 minutos nas respectivas soluções de tratamento e, posteriormente, acondicionados em bandejas de polietileno, envolvidas com filme plástico transparente de PVC. Em seguida, os abacates foram armazenados em câmara fria a 10 ± 1 °C e umidade relativa de $90 \pm 5\%$. As avaliações foram realizadas aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias de armazenamento, sendo analisadas as seguintes características físico-químicas: perda de massa, taxa respiratória, pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis, firmeza e coloração da casca e da polpa. Também foram determinadas características bioquímicas, como atividade antioxidante, teor de compostos fenólicos e flavonoides. Os experimentos com AVG influenciaram positivamente na perda de massa, firmeza do fruto, taxa respiratória e compostos fenólicos. Esses resultados destacam que o AVG é uma alternativa promissora para prolongar a vida útil e preservar a qualidade pós-colheita do abacate cv. Hass, com destaque para a dose 500 mg L⁻¹.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill; conservação; antioxidante; fenólicos, amadurecimento

ABSTRACT

Avocado (*Persea americana* Mill) is a climacteric fruit. The 'Hass' variety, known as avocado, has high added value and is mainly intended for export. Therefore, there is commercial interest in testing techniques that preserve its postharvest quality, such as the application of aminoethoxyvinylglycine (AVG). The objective of this study was to evaluate the changes in the physical-chemical quality of avocado cv. Hass subjected to postharvest treatments with AVG. The experiment was carried out in the postharvest laboratory of the Horticulture Department of FCA-UNESP. For each treatment, a completely randomized experimental design (CRD) was adopted, in a 4x6 split-plot scheme, with the plot consisting of the doses (500 mgL⁻¹, 1000 mgL⁻¹ and 1500 mgL⁻¹, of aminoethoxyvinylglycine, and the control (water), and the subplot were the six storage periods (0, 7, 14, 21, 28 and 35 days), with 3 replicates. The avocados were subjected to immersion for 5 minutes in each treatment. Then the fruits were placed in polyethylene trays, wrapped in transparent PVC plastic film, and stored in a cold chamber at a temperature of 10±1°C and relative humidity of 60±6%. The evaluations were carried out on days 0, 7, 14, 21, 28 and 35 of storage, and the following physico chemical characteristics were performed: mass loss, respiration rate, pH, acidity titratable acidity (AT), soluble solids, texture, skin and pulp color, as well as biochemical characteristics such as antioxidant activity, phenolic compounds and flavonoids. Experiments with AVG positively influenced mass loss, fruit texture, respiration rate, and phenolic compounds. These results highlight that AVG is a promising alternative to extend the shelf life and preserve the post-harvest quality of 'Hass' avocado, particularly at a dose of 500 mg L⁻¹.

Keywords: *Persea americana* Mill; conservation; antioxidant; phenolics; ripening

2.1 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill) tornou-se uma das frutas mais importantes da família Lauraceae, destacando-se por suas propriedades organolépticas. Associado à prevenção de doenças cardiovasculares, ao controle da glicemia e à atividade antioxidante, o abacate vem ganhando destaque no mercado mundial (Duarte *et al.*, 2016; Bonilla-Loaiza; Váquiro-Herrera; Solanilla-Duque, 2022).

As variedades mais comercializadas no Brasil são a Quintal, Margarida, Fortuna, Breda e Geada. As cultivares com maior taxa de exportação são a 'Fuerte' e 'Hass', são denominadas comercialmente no Brasil como avocado, essas são muito apreciadas no mercado tanto interno como externo. Por ser um fruto climatérico, o abacate inicia rapidamente o processo de amadurecimento após a colheita, elevando sua taxa respiratória e acelerando a degradação dos tecidos, o que limita sua vida útil (Wang *et al.*, 2020; Bhore *et al.*, 2021).

Reduzir as perdas durante o armazenamento é um dos principais desafios na preservação dos produtos. Para reduzir perdas pós-colheita e manter a qualidade até o consumidor final, diversas tecnologias têm sido aplicadas, como o armazenamento refrigerado, atmosferas modificadas, uso de recobrimentos comestíveis e o controle da ação do etileno (Brackmann, 2007; Hernández-Muñoz *et al.*, 2008).

Dentre essas tecnologias, o uso de inibidores da biossíntese de etileno tem se destacado, especialmente a aminoetoxivinilglicina (AVG), um inibidor da enzima ACC sintase. Essa enzima catalisa a conversão da S-adenosilmetionina (SAM) em ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), precursor direto do etileno, hormônio responsável por promover a maturação dos frutos (Lieberman *et al.*, 1975; Yang & Hoffman, 1984). O AVG bloqueia essa conversão, retardando a maturação e prolongando a vida útil.

Estudos demonstram que a aplicação de AVG pode reduzir a abscisão de frutos e retardar o amadurecimento em diversas culturas, como macieiras (Salas *et al.*, 2011; Malladi, Tonapi & Kon, 2023), pereiras (D'aquino *et al.*, 2010), pessegueiros (Hayama *et al.*, 2008), nectarinas (Mcglasson *et al.*, 2005), caquizeiros (Brackmann *et al.*, 2013), mangas (Dos Santos *et al.*, 2007) e abacates (Nguyen *et al.*, 2024; Abdel-Sattar *et al.*, 2025).

Além disso, o AVG tem sido associado à manutenção de características sensoriais e funcionais, como firmeza, coloração e teor de compostos bioativos, por

modular processos fisiológicos e bioquímicos ligados à senescência (Waclawovsky, 2001; He *et al.*, 2023;).

No entanto, a eficácia do AVG pode variar conforme a concentração, momento de aplicação e interação com fatores ambientais. Assim, é essencial investigar seu efeito específico em frutos de abacate cv. Hass, visando estratégias mais eficazes de conservação na pós-colheita. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação aminoetoxivinilglicina (AVG) na pós-colheita de abacates cv. Hass.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Obtenção das amostras

Os frutos de abacate utilizados no experimento foram colhidos na Fazenda Jaguacy, safra 2022/2023, localizada na Rodovia Marechal Rondon, Km 355, em Bauru – SP (22°19'18" S, 49° 04'13" W, altitude de 526 m). Os frutos foram colhidos cuidadosamente no ponto de maturação fisiológica e selecionados quanto a ausência de injúria e danos mecânicos. Para evitar danos mecânicos, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão moldado e transportados no mesmo dia para o laboratório de pós-colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu – SP. No laboratório, os frutos foram armazenados em câmara fria a $10\pm1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $90\pm5\%$ por até 35 dias.

Figura 1- Separação dos frutos de abacate.



2.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema de parcelas subdivididas no tempo 4x6, sendo a parcela constituída pelas doses (500 mgL^{-1} , 1000 mgL^{-1} e 1500 mgL^{-1} , de aminoetoxivinilglicina, e o controle (água), e a subparcela foram os seis períodos de armazenamento (0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias), as análises não destrutivas foram realizadas com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por três frutos.

2.2.4 Preparo das amostras

Os frutos de abacate foram padronizados quanto a sua forma, ausência de doenças e injúrias mecânicas, visando à uniformidade do lote.

Os frutos de abacate foram imersos em baldes de 10 litros com água em temperatura ambiente misturada com os respectivos tratamentos em forma de pó solúvel durante cinco minutos, secos à temperatura ambiente e dispostos em bandejas de polietileno. Em seguida, foram envolvidos em filme plástico transparente (PVC) e armazenados em câmara fria a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $90 \pm 5\%$ por 35 dias (Figura 2).

Figura 2- Abacates com a aplicação de (A) e armazenados em câmara fria (B) a $10 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $90 \pm 5\%$.



As análises foram realizadas aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 de armazenamento (DA). Para avaliação, os frutos foram divididos em dois grupos: destrutivo e não destrutivo.

2.2.5 Grupo não destrutivo

Os abacates do grupo não destrutivo foram utilizados para avaliar a perda de massa fresca e atividade respiratória.

2.2.5.1 Perda de massa fresca

Para a análise de perda de massa fresca os abacates foram pesadas em uma balança semi-analítica marca Marte® – carga máxima de 3200g e precisão de 0,1g. As repetições foram pesadas permitindo o cálculo da perda de massa fresca em porcentagem, através da seguinte fórmula: $\% PM = [(MI - MF) / MI] \times 100$.

Em que:

% PM = porcentagem de perda de massa parcial acumulada;

MI = Massa inicial da amostra em um período determinado em g;

MF= Massa final da amostra no período seguinte a MI em g.

2.2.4.2 Atividade respiratória

A respiração foi obtida pela avaliação dos frutos nos seis dias de avaliação. A taxa de respiração foi determinada de forma indireta, utilizando-se um respirômetro, por meio da quantificação do CO₂ liberado, conforme metodologia adaptada de Bleinroth, Zuchini e Pompeo (1976). O cálculo da taxa respiratória foi realizado a partir da seguinte equação:

$$TCO_2 = (2.2 \times (A-B) \times V_1) / (P \times T \times V_2)$$

Onde,

TCO₂= Taxa de respiração em mL de CO₂ Kg de fruta⁻¹ hora⁻¹;

B= Volume gasto em mL de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio padrão antes da absorção de CO₂ - branco;

A= Volume gasto de HCl padronizado para a titulação de hidróxido de potássio após a absorção de CO₂ da respiração;

V₁= Volume de hidróxido de potássio usado na absorção de CO₂ (mL);

P= Massa dos frutos (kg); T= Tempo das reações metabólicas (hora);

V₂ = Volume de hidróxido de potássio utilizado na titulação (mL);

2,2 = devido ao equivalente de CO₂ (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico a 0,1 N.

2.2.6 Grupo destrutivo

O grupo destrutivo foi utilizado para realizar as análises de potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), coloração da casca e da polpa e firmeza. A cada dia de análise destrutiva, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas no freezer a 0 ± 2 °C, no qual, posteriormente foram realizadas as análises bioquímicas. As análises bioquímicas foram compostas de atividade antioxidante (DPPH), compostos fenólicos totais e flavonoides.

2.2.6.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada utilizando a polpa dos frutos previamente triturada, por meio de um potenciômetro digital modelo DMPH-2, seguindo os procedimentos metodológicos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

2.2.6.2 Acidez titulável (AT)

O teor de acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa e determinada por titulação de 5 g de polpa previamente homogeneizada e diluída em 100 mL de água destilada. Posteriormente foi feita a titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 N, utilizando 0,3 mL de fenolftaleína como indicador, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

2.2.6.3 Sólidos solúveis (SS)

O SS foi determinado por leitura refratométrica direta, expressa em graus Brix (°Brix), em três amostras, utilizando refratômetro de bancada tipo Pallette, marca ATAGO – PR 32 (AOAC, 2005).

2.2.6.4 Firmeza

A firmeza da polpa dos frutos de abacate foi determinada mediante marcação de dois lados opostos na região equatorial. Realizou-se a perfuração dos frutos com o auxílio do texturômetro STEVENS – LFRA Texture Analyser com uma distância de 20 mm e velocidade de $2,0 \text{ mm s}^{-1}$, utilizando-se o ponteiro TA 9/1000. Os resultados foram expressos em gf cm^{-2} o qual é definido como a força máxima requerida para que uma parte do ponteiro penetre na polpa do fruto.

2.2.6.5 Coloração da casca e da polpa

As análises de cor foram realizadas utilizando calorímetro da marca Konica Minolta®. A avaliação seguiu o sistema de coordenadas retangulares L*, C* e H*, em que L* representa os valores de luminosidade (variando de 0% = negro a 100% = branco), C* (Chroma) corresponde à intensidade da cor, com valores entre 0 (menos intensa) e 60 (mais intensa), e H* (°Hue) indica o ângulo no diagrama tridimensional de cores, sendo 0° para vermelho, 90° para amarelo, 180° para verde e 270° para azul, conforme descrito por Minolta (1998). O equipamento foi previamente calibrado com placa padrão branca de cerâmica. As medições foram realizadas no terço médio da polpa e da casca dos frutos, em três pontos distintos, visando à homogeneização das amostras.

2.2.6.6 Atividade antioxidante (DPPH)

A capacidade sequestrante foi avaliada pelo método do DPPH, baseado no princípio de que o radical 1,1-difenil-2-picrilidrazil (DPPH), de coloração violeta e elevada estabilidade química, pode aceitar um elétron ou um radical hidrogênio, tornando-se uma molécula estável e passando a apresentar coloração amarela na presença de compostos antioxidantes. Na forma de radical, o DPPH apresenta absorção característica a 517 nm, a qual diminui progressivamente à medida que ocorre sua redução pelo hidrogênio doado por compostos antioxidantes (Mensor *et al.*, 2001).

Para a determinação da atividade antioxidante, foram utilizadas amostras compostas por 3 mL de solução extratora concentrada (etanol PA), 0,3 mL da solução de DPPH (10,9 mg dissolvidos em 50 mL de etanol P.A.) a 0,5 mL do extrato da polpa. Paralelamente, preparou-se o controle negativo, composto por 3 mL da solução extratora concentrada, 0,5 mL da solução controle (70 mL de etanol P.A. completados para 100 mL com água destilada) e 0,3 mL da solução de DPPH. Após a pipetagem, as amostras permaneceram em repouso por 45 minutos, protegidas da luz e em condições ambiente, conforme estabelecido em testes preliminares. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro a 517 nm. A atividade antioxidante (AA) foi expressa em percentual de atividade anti-radical, calculada pela equação: $AA (\%) = 100 - \{[(Aa) \times 100] / Ac\}$ Onde: Aa = absorbância da amostra Ac = absorbância do controle negativo.

2.2.6.7 Compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada por meio do método espectrofotométrico de Folin–Ciocalteu, de acordo com a metodologia proposta por Singleton, Orthofer e Lamuela (1999). Para isso, uma alíquota de 0,3 mL do extrato da amostra foi misturado a 0,2 mL de água destilada, perfazendo um volume final de 0,5 mL, a solução foi transferida para tubos de ensaio. A absorbância foi medida em espectrofotômetro a 740 nm, utilizando-se um branco preparado nas mesmas condições experimentais. As análises foram conduzidas em triplicata, e os resultados obtidos foram comparados com a curva padrão de ácido gálico, sendo expressos em mg de ácido gálico g⁻¹.

2.2.6.8 Flavonoides

A quantificação de flavonoides foi realizada por espectrofotometria, conforme as metodologias descritas por Santos & Blatt (1998) e Awad, Jager & Westing (2000). As leituras de absorbância foram efetuadas a 425 nm, e os resultados expressos em mg de quercetina g⁻¹.

2.2.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ($p \leq 0,05$). As médias do (AVG) foram comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), Utilizando o software AgroEstat (Barbosa & Maldonado Júnior, 2015). Os dados de 16 características foram avaliados por análise de componentes principais (PCA) utilizando o Minitab versão 18.1, que também foi utilizado para calcular a correlação de Pearson, avaliando assim a relação entre as variáveis avaliadas.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as análises de variância das características (Tabela 1), perda de massa, respiração, firmeza e compostos fenólicos, houve interação entre as doses e o tempo de armazenamento de abacates. Para as demais características, luminosidade casca, cromaticidade casca, ângulo °Hue casca, luminosidade polpa, cromaticidade polpa, ângulo °Hue polpa, potencial hidrogenionico, sólidos solúveis, acidez titulável, antioxidante e flavonoide, os dados foram estudados isolados.

Tabela 1- Resumo da análise de variância para perda de massa (PM), respiração, firmeza, cor da casca e da polpa, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (A.T), sólidos solúveis (S.S), compostos fenólicos (C.F), flavonoides (Flavo) e atividade antioxidante (Antiox) em abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Parâmetros	Dose	Dias	DosesxDias	CV (%)
Perda de massa %	4,42*	1185,29*	3,19**	10,12
Respiração (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	30,62**	129,07**	9,76**	7,79
Firmeza (gf cm ⁻²)	1,54 ^{ns}	124,33**	1,94**	12,75
Luminosidade casca	0,68 ^{ns}	18,16**	0,37 ^{ns}	6,74
Cromaticidade casca	0,14 ^{ns}	81,61**	0,09 ^{ns}	8,59
Ângulo °Hue casca	0,05 ^{ns}	125,72**	0,10 ^{ns}	3,68
Luminosidade polpa	2,53 ^{ns}	9,67**	0,55 ^{ns}	2,13
Cromaticidade polpa	1,10 ^{ns}	109,00**	0,53 ^{ns}	3,35
Ângulo °Hue polpa	1,77 ^{ns}	4,22**	0,38 ^{ns}	1,70
Potencial hidrogeniônico	5,78**	5,15**	0,96 ^{ns}	1,83
Sólidos Solúveis (°Brix)	2,98 ^{ns}	13,59**	1,01 ^{ns}	12,80
Acidez titulável (ácido cítrico %)	13,13**	253,75**	1,99 ^{ns}	7,98
Compostos fenólicos (mg GA 100 g pf)	33,06**	72,89**	6,70**	4,47
Flavonoides (mg RU/100g pf)	2,21 ^{ns}	59,99**	0,91 ^{ns}	28,47
Atividade antioxidante (% DPPH Reduzido)	3,14 ^{ns}	88,15**	0,7 ^{ns}	11,07

CV = Coeficiente de variação; *, **, ^{ns} = significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

2.3.1. Perda de Massa

Aos 35 dias de armazenamento, observou-se diferença significativa na perda de massa, a testemunha apresentou a maior redução, com 2,67% (Tabela 2).

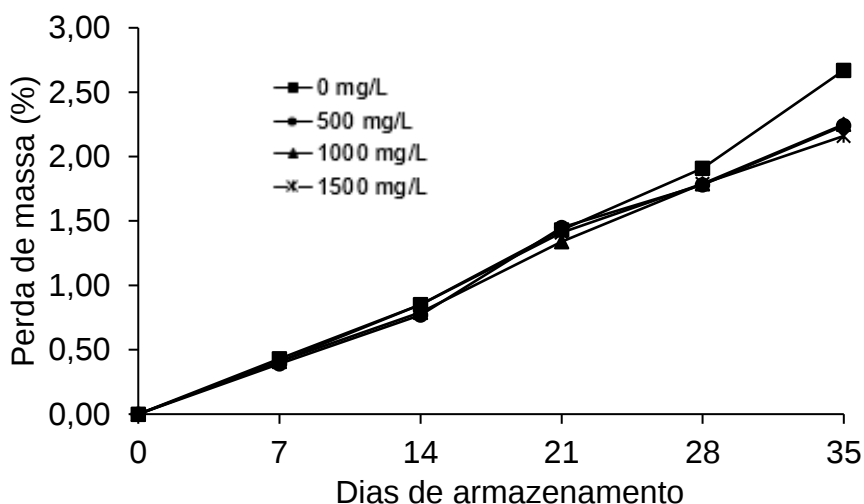
Tabela 2- Perda de massa (%) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	0 aF	0,43 aE	0,85 aD	1,43 aC	1,91 aB	2,67 aA
500 mg/L	0 aF	0,39 aE	0,77 aD	1,45 aC	1,78 aB	2,24 bA
1000 mg/L	0 aF	0,41 aE	0,79 aD	1,34 aC	1,79 aB	2,25 bA
1500 mg/L	0 aF	0,41 aE	0,85 aD	1,41 aC	1,79 aB	2,16 bA

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha , não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A perda de massa aumentou progressivamente ao longo do período de armazenamento (Figura 3), comportamento comum em frutos climatéricos devido à ação conjunta da respiração e da transpiração. Os maiores percentuais foram observados aos 35 (DA), com valores de 2,67%, 2,24%, 2,25% e 2,16% para a testemunha e as doses de 500, 1000 e 1500 mg L⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Figura 3- Perda de massa (%) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



De acordo com Finger & Vieira (2002), na maioria dos produtos hortícolas frescos, a perda de massa fresca tolerável, sem a ocorrência de murcha ou enrugamento superficial, varia entre 5% e 10%. No caso de frutos altamente

perecíveis, como o abacate, a redução da massa ocorre mesmo sob condições ideais de armazenamento, em decorrência da ação conjunta dos processos de respiração e transpiração (Chitarra & Chitarra, 2005). No presente estudo, todas as perdas ficaram abaixo desse limite, o que representa boa retenção de qualidade física, especialmente nos frutos tratados com AVG. Esses resultados corroboram com a literatura, que destaca o papel do AVG na redução da produção de etileno, o que contribui para menor taxa respiratória e menor transpiração (Amarante & Steffens, 2009; Brackmann *et al.*, 2009).

Ozturk, *et al.*, (2015), estudando os efeitos do AVG na pré-colheita de três variedades de pêssegos observaram que os tratamentos com AVG resultaram em frutos com menor perda de massa, ao serem comparados com a testemunha de todas as variedades. Nguyen *et al.*, (2024) observaram que o AVG aplicado na pré-colheita de abacate 'Booth7' ajudou a diminuir a perda de massa se comparado com a testemunha. Abdel-Sattar *et al.*, (2025) analisando o uso de inibidores de etileno em abacates 'Fuerte' notaram que o tratamento contendo AVG apresentou maiores valores de massa ao ser comparado com a testemunha.

Além disso, estudos com outras frutas, como pêssego e mamão, indicam que o uso de inibidores de etileno ajuda a manter a integridade celular por mais tempo, reduzindo a perda de água (Golding *et al.*, 2022; Amarante *et al.*, 2005).

2.3.2 Taxa respiratória

Nos dias de avaliação da respiratória (Tabela 3), a dose de 1000 e 1500 mg L⁻¹ diferenciaram estatisticamente da testemunha no dia 7 (DA). Aos 21, 28 e 35 (DA), a taxa respiratória das doses 500, 1000 e 1500 mg L⁻¹ foram superiores a àquelas observadas para a testemunha.

Na comparação em cada dose nos dias, no dia 14 (DA) houve pico climatérico para todos os tratamentos, não havendo diferença estatística entre eles, a testemunha teve seus maiores valores nos dias 7 e 14 (DA), não diferindo estatisticamente. Já as doses 1000 e 1500 mg L⁻¹ tiveram maiores valores de respiração nos dias 14 e 21 (DA), não diferindo estatisticamente.

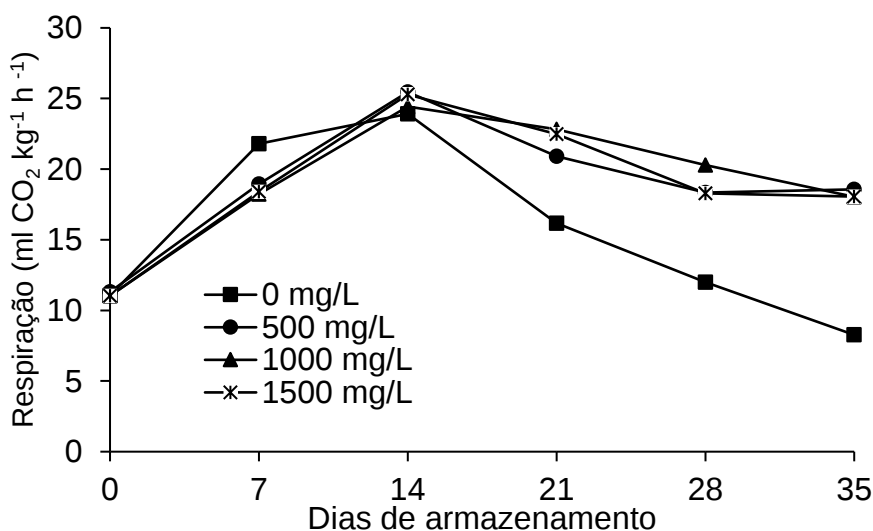
Tabela 3- Taxa respiratória (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	11,05 aCD	21,80 aA	23,91 aA	16,16 bB	11,99 bC	8,27 bD
500 mg/L	11,32 aC	18,94 abB	25,46 aA	20,92 aB	18,34 aB	18,57 aB
1000 mg/L	11,04 aD	18,22 bC	24,43 aA	22,81 aAB	20,27 aBC	18,03 aC
1500 mg/L	11,04 aC	18,39 bB	25,29 aA	22,48 aA	18,29 aB	18,05 aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha , não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A taxa respiratória (mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) é um dos principais indicadores fisiológicos da atividade metabólica dos frutos, refletindo diretamente o seu estágio de maturação. Na avaliação da evolução da taxa respiratória ao longo do período de armazenamento para cada dose, a testemunha apresentou aumento de 116% do dia 0 ao 14 (DA), seguido de redução progressiva até os 35 (DA), com redução de 189%. Para as doses de 500, 1000 e 1500 mg L⁻¹, observou-se incremento da taxa respiratória até os 14 DA, com aumentos de 125, 121 e 129%, respectivamente, seguido de queda acentuada de 37,12; 35,48 e 40,07% até o último dia de avaliação (35 DA) (Figura 4).

Figura 4- Taxa respiratória (ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



O efeito do AVG no atraso do pico respiratório, foram observados em frutos climatéricos submetidos a inibidores da biossíntese de etileno (Malladi, Tonapi & Kon, 2023; Nasr & Soliman., 2024). A presença do AVG atua inibindo a conversão de SAM em ACC, limitando a produção de etileno e, conseqüentemente, retardando o processo de amadurecimento (Yang & Hoffman, 1984). Em maçãs, o AVG demonstrou atrasar o pico climatérico e reduzir a taxa respiratória (D'aquino *et al.*, 2010; Amarante *et al.*, 2005). Resultados semelhantes foram observados em ameixas (Valero *et al.*, 2003), peras (He *et al.*, 2023) e nectarinas (Torrighiani *et al.*, 2004), reforçando seu potencial como regulador da maturação. Em abacates, embora o número de estudos ainda seja limitado, pesquisas recentes indicam que o AVG pode retardar o amadurecimento, mantendo a firmeza, inibindo a produção de etileno e alterando o padrão respiratório, promovendo maior conservação pós-colheita (Nasr & Soliman., 2024). Win *et al.* (2021), ao estudarem AVG e 1-MCP em caquis 'Sangjudungsi' sob armazenamento refrigerado observaram que o tratamento com AVG resultou em frutos com maior taxa de respiração do que a testemunha. Ozturk *et al.* (2015), aplicaram AVG em pré-colheita de pêssegos a 100 e 200 mg L⁻¹ resultando em frutos com menor taxa de respiração se comparado com a testemunha.

2.3.3 Firmeza

Na comparação entre as doses aplicadas ao longo do armazenamento, observou-se diferença significativa apenas aos 28 (DA), quando as doses de 500 e 1000 mg L⁻¹ apresentaram maior firmeza, sendo, respectivamente 416 e 418,33 gf cm⁻². (Tabela 4).

Tabela 4- Firmeza (gf cm⁻²), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	606,77 aA	543,66 aAB	454,33 aB	430,38 aB	285,52 bC	126,55 aD
500 mg/L	569,5 aA	532,83 aAB	454,33 aAB	447,16 aAB	416,00 aB	114,00 aC
1000 mg/L	571,94 aA	525,50 aAB	522,43 aAB	454,33 aAB	418,33 aB	107,33 aC
1500 mg/L	609,22 aA	534,05 aAB	454,33 aBC	390,33 aC	236,11 bD	111,55 aD

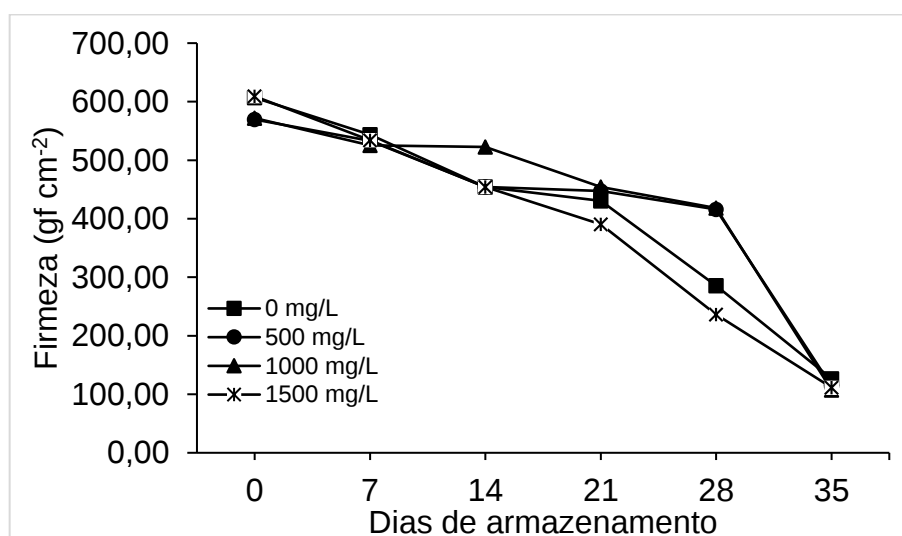
*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação da firmeza dos frutos de abacate ao longo do período de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas para a testemunha, do dia 0 até o dia 21 (DA). Para as doses 500 e 1000 mg L⁻¹ não houve diferença estatística do dia 0 até o dia 28 (DA), já para a dose não 1500 mg L⁻¹ não foi relatada diferença estatística do dia 0 até o dia 14 (DA). Todos os tratamentos apresentaram menores valores no último dia de análise, com queda acentuada de 379,24% para a testemunha, 399,56% para a dose 500 mg L⁻¹, 432,86% para a dose 1000 mg L⁻¹ e 446,11 para a dose 1500 mg L⁻¹ a partir do dia 0 (Figura 5).

Kucuker & Ozturk, (2015), aplicando AVG e MeJa na pré-colheita em cerejas 'North Wonder' notaram que o AVG a 125 mg L⁻¹ auxiliou positivamente na manutenção da firmeza. Aguirre-Medina *et al.*, (2024), analisando a aplicação de AVG em mangas 'Ataulfo' em dois ambientes contrastantes observaram que o AVG influenciou positivamente os frutos em comparação a testemunha em ambos os ambientes.

A perda de firmeza dos frutos é um processo natural no período pós-colheita, relacionado à degradação das paredes celulares e da lamela média, mediada por enzimas como pectinases e celulases (Huber, Karakurt, Jeong, 2007; Chitarra & Chitarra, 2005). Essa característica é crucial para a qualidade dos frutos, pois influencia diretamente a resistência mecânica, a aceitabilidade sensorial e a vulnerabilidade a microrganismos (Tucker *et al.*, 2017).

Figura 5- Firmeza (gf cm⁻²), dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

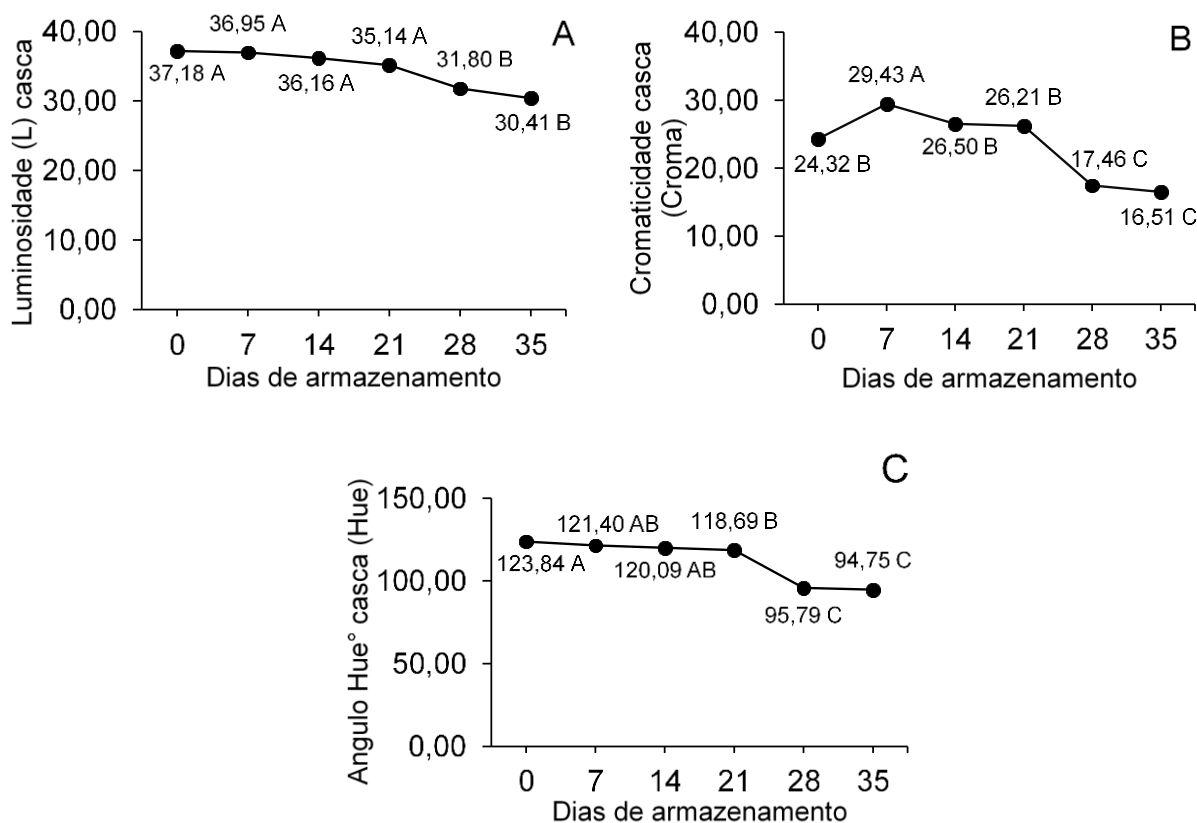


Respostas estas indicam que as doses intermediárias foram mais eficazes na preservação da integridade tecidual durante o armazenamento. Em maçãs, a aplicação de AVG foi eficiente na redução do amaciamento e na manutenção da firmeza, mesmo sob condições refrigeradas, prolongando significativamente a vida útil (Yuan & Carbaugh, 2007). Resultados semelhantes foram descritos por Salas *et al.* (2011) e D'Aquino *et al.* (2010), que destacam o papel do AVG no atraso do amadurecimento ao inibir a biossíntese de etileno. Em frutos climatéricos como o abacate, o controle do etileno é essencial para limitar a ação de enzimas degradadoras da parede celular e, assim, prolongar a vida útil.

2.3.4 Coloração da casca e da polpa dos frutos

Na comparação entre as doses em cada dia de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas para a coloração da casca, croma e ângulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) (Tabela 1). Considerando a média geral dos tratamentos, os valores de luminosidade da casca (L^*) e de $^{\circ}$ Hue não diferiram significativamente do dia 0 até os 21 dias de armazenamento (DA). Em relação ao croma da casca, a maior intensidade de cor foi observada aos 7 DA (Figura 6).

Figura 6- Luminosidade casca (L) (A), Cromaticidade casca (Croma) (B), Ângulo °Hue casca (°Hue) (C), dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey “ $p \leq 0,05$ ”

A coloração da casca é um dos principais atributos visuais utilizados na avaliação da qualidade pós-colheita, pois reflete diretamente o estado de maturação do fruto e influencia a aceitação pelo consumidor (Fachinello & Nachtigal, 2009). As alterações nesse parâmetro estão geralmente relacionadas à degradação da clorofila e à síntese ou exposição de pigmentos secundários, como carotenoides e flavonoides, que conferem colorações amareladas, marrons ou avermelhadas à medida que o fruto amadurece (Chitarra & Chitarra, 2005).

No presente estudo, verificou-se redução progressiva dos valores de luminosidade (L) da casca ao longo do armazenamento, com decréscimo de 22,25% do dia 0 ao 35 DA. Essa redução está associada ao escurecimento natural da casca, fenômeno comumente observado em frutos climatéricos durante o amadurecimento e a senescência, decorrente da degradação da clorofila e do acúmulo de pigmentos oxidativos (Brackmann *et al.*, 2013). Resultados semelhantes foram relatados por

Fumes *et al.* (2011), que observaram ausência de correlação significativa para a luminosidade em abacates submetidos à hidrotermia.

Por outro lado, os resultados diferem dos obtidos por Kucuker & Ozturk (2015), os quais, ao avaliarem a aplicação pré-colheita de AVG e metil jasmonato (MeJA) em cerejas 'North Wonder', verificaram que a aplicação de AVG a 125 mg L⁻¹ contribuiu para a manutenção da luminosidade da casca em comparação à testemunha. De forma semelhante, Ozkan, Ozturk & Yildiz (2016) relataram maiores valores de luminosidade em maçãs 'Red Chief' tratadas em pré-colheita com AVG nas doses de 150, 300 e 600 mg L⁻¹, em relação à testemunha.

O parâmetro croma, relacionado à intensidade da cor, apresentou aumento de 21,03 % do dia 0 ao 7 DA, seguido de redução acentuada de 78,28 % do 7 ao 35 DA (Figura 6B). Comportamento semelhante foi observado por Ozkan, Ozturk & Yildiz (2016), que relataram ausência de diferença estatística entre as doses de AVG (150, 300 e 600 mg L⁻¹) e a testemunha em maçãs 'Red Chief'. Entretanto, esses resultados divergem dos achados de Ozturk *et al.* (2015), os quais verificaram que a aplicação pré-colheita de AVG em pêssegos, nas doses de 100 e 200 mg L⁻¹, resultou em frutos com maior intensidade de cor em comparação à testemunha.

Em relação ao ângulo de matiz (^oHue), indicador do tom da cor, observou-se redução de 30,70% do dia 0 ao 35 (DA), atingindo, no último dia, o menor valor médio (94,75), o que reflete a transição da coloração verde para tons mais amarelados ou amarronzados (Figura 6C). Essa alteração é coerente com o avanço do amadurecimento e a consequente perda da qualidade visual dos frutos, sendo também relatada em estudos com frutos tropicais (Tucker, 1993; D'Aquino *et al.*, 2010).

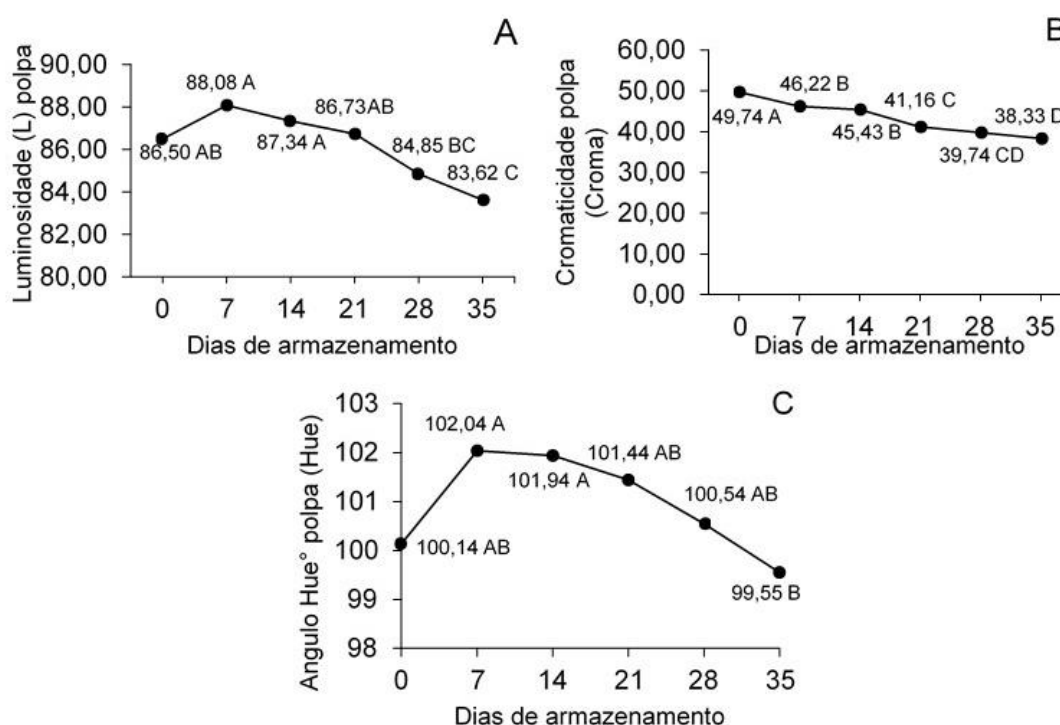
Entretanto, esses resultados diferem dos observados por Guler *et al.* (2019), que, ao avaliarem a aplicação de AVG associada à atmosfera modificada na qualidade de cerejas 'Sweet Cherry' durante o armazenamento refrigerado, constataram efeito positivo do tratamento contendo apenas AVG a 225 mg L⁻¹ em comparação à testemunha. De forma semelhante, Ozturk *et al.* (2019), ao estudarem a aplicação de AVG associada ao zinco em maçãs 'William's Pride', verificaram que o tratamento com AVG a 150 mg L⁻¹ promoveu efeitos positivos na manutenção da coloração dos frutos em relação à testemunha.

Os resultados apontam que, independentemente da dose de AVG aplicada, a coloração da casca seguiu um padrão típico de amadurecimento. A coloração da

polpa constitui um importante indicador do estágio de maturação e da qualidade sensorial dos frutos, influenciando diretamente a aceitação pelo consumidor (Chitarra & Chitarra, 2005).

A aplicação do AVG pode retardar o amadurecimento e, por consequência, a perda de coloração, ao inibir a ação do etileno e, indiretamente, reduzir a atividade de enzimas oxidativas (Ozturk *et al.*, 2013). No entanto, no presente estudo, não houve diferença significativa entre as doses aplicadas para a coloração da polpa, sugerindo que o efeito do regulador foi limitado ou que a influência do tempo de armazenamento prevaleceu. Para a luminosidade da polpa (L), não foram observadas diferenças significativas até os 21 dias de armazenamento (DA), verificando-se redução de 3,71% ao final do período, aos 35 DA (Figura 7).

Figura 7- Luminosidade polpa (L) (A), Cromaticidade polpa (Croma) (B), Ângulo °Hue polpa (°Hue) (C), dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

Em relação ao croma, constatou-se redução de 29,66% do dia 0 ao 35 DA, sendo o maior valor observado no início do armazenamento (Figura 7B). Comportamento este atribuído à degradação de pigmentos naturais e à oxidação de

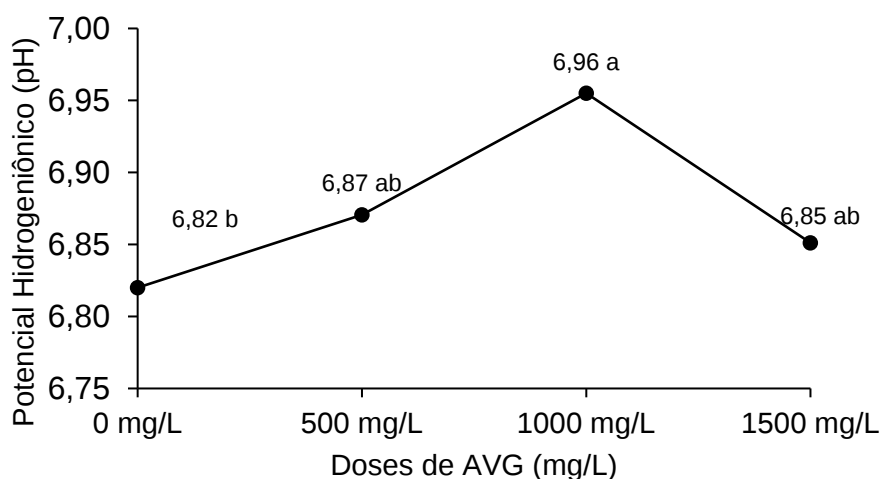
compostos fenólicos (Tucker, 1993; D'aquino *et al.*, 2010). Esses resultados corroboram com os de Donadon (2009), que relataram perda significativa de cor em frutos de abacate armazenados por períodos prolongados, mesmo sob tratamentos com reguladores de crescimento. Quanto ao ângulo de matiz ($^{\circ}$ Hue), não houve diferença significativa do dia 0 ao 28 DA, seguida de redução de 1% aos 35 DA.

Esse comportamento é compatível com o escurecimento gradual da polpa, típico de frutos em estágios avançados de amadurecimento e início da senescência, associado a alterações metabólicas e oxidativas nos tecidos (Brackmann *et al.*, 2013).

2.3.5 Potencial hidrogeniônico

Durante o armazenamento pós-colheita, os parâmetros físico-químicos dos frutos de abacate sofrem alterações significativas que afetam sua qualidade e aceitabilidade pelo consumidor. O pH dos frutos é um indicador importante da acidez e do metabolismo pós-colheita. Na comparação entre as doses, a dose 500 mg L⁻¹, 1000 mg L⁻¹ e 1500 mg L⁻¹, não diferiram estatisticamente entre si (Figura 8)

Figura 8- Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG).

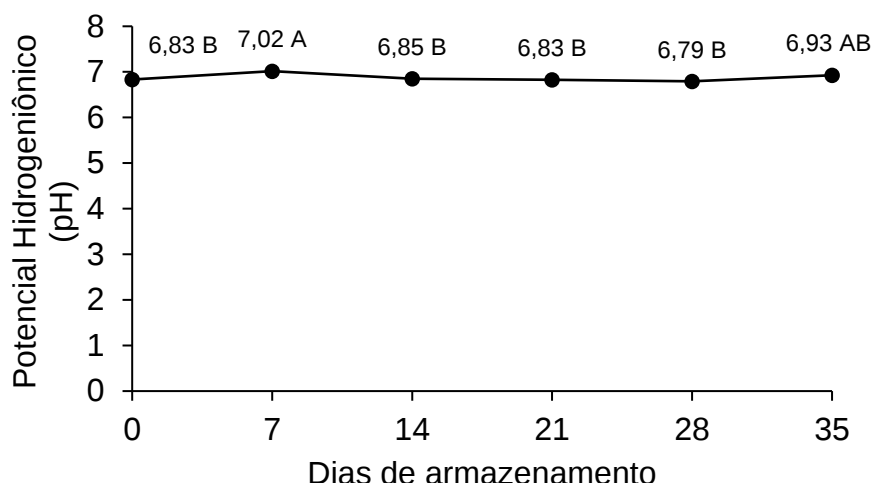


*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

Diferença estatística também ocorreu em função do tempo de armazenamento, o potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos apresentou um aumento inicial de 1,31%

até o 7 (DA) com maior acidez 7,02 pH, diferindo dos demais dias de avaliação, com exceção dos 35 (DA) (Figura 9).

Figura 9- Potencial hidrogeniônico (pH) dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ ".

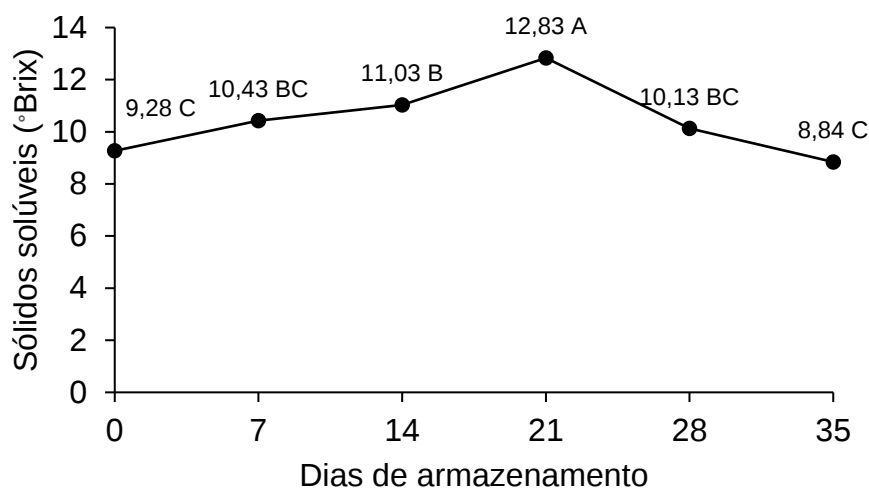
Esse incremento está associado ao consumo de ácidos orgânicos durante a respiração e ao avanço do processo de maturação (Vieites *et al.*, 2012). Em estudo de Kucuker & Ozturk, (2015), ao avaliarem os efeitos do AVG em cerejas 'North Wonder' observaram que o valores de pH não diferiram estatisticamente da testemunha, porém divergem de Aguirre-Medina *et al*, (2024), os quais pesquisaram a aplicação de AVG em mangas 'Ataulfo' em dois ambientes contrastantes e notaram que o AVG a 0,1; 0,2 e 0,3 g influenciou positivamente os frutos em comparação a testemunha ao longo dos 14 dias avaliados.

2.3.6 Sólidos solúveis

A concentração de sólidos solúveis, geralmente associada à percepção de doçura dos frutos, variou ao longo do período de armazenamento. Não houve diferença entre as doses (Tabela 1). Na comparação entre os dias de armazenamento, observou-se aumento dos valores de °Brix de 38,36% do dia 0 ao 21 (DA), quando foi registrado o maior valor médio (12,83 °Brix), diferindo estatisticamente dos demais

dias. Após esse período, verificou-se redução dos teores de sólidos solúveis, com decréscimo de 45,15% até os 35 DA (Figura 10).

Figura 10- Sólidos solúveis (°Brix), dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

O comportamento observado, caracterizado por um pico seguido de redução nos teores de °Brix, sugere o avanço do metabolismo de reservas, seguido por sua degradação ou diluição nos tecidos em função do aumento da atividade respiratória e do consumo de açúcares (Chitarra & Chitarra, 2005).

A modulação dessa curva pela aplicação de AVG pode estar associada ao retardamento da ação do etileno, uma vez que esse regulador inibe a biossíntese do hormônio, desacelerando os processos metabólicos relacionados ao amadurecimento (Nasr & Soliman, 2024).

Esses resultados estão de acordo com os observados por Win *et al.* (2021), que, ao avaliarem o uso de AVG e 1-MCP em caquis 'Sangjudungsi' sob armazenamento refrigerado, não verificaram diferenças significativas no teor de sólidos solúveis entre os frutos tratados com AVG e a testemunha. De forma semelhante, Kim *et al.* (2024), ao analisarem os efeitos do AVG e do 1-MCP em pêssegos 'Geum Hwang', observaram que esses tratamentos não influenciaram significativamente os teores de sólidos solúveis em relação à testemunha.

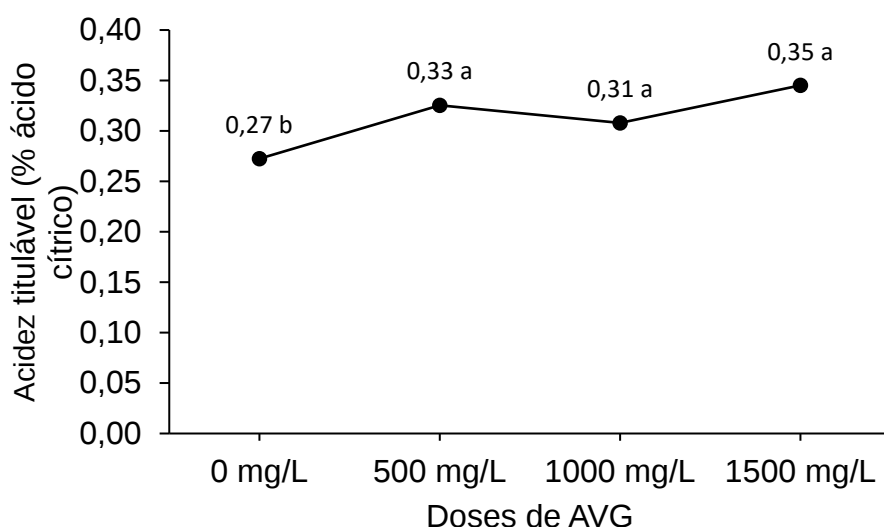
Contudo, os resultados do presente estudo divergem dos relatados por Ozturk *et al.* (2019), que, ao aplicarem AVG associado ao zinco em maçãs ‘William’s Pride’, verificaram que a dose de 250 mg L⁻¹ de AVG influenciou positivamente o teor de sólidos solúveis, promovendo valores inferiores aos observados na testemunha. Em maçãs e peras, a aplicação de AVG tem sido associada à maior estabilidade dos teores de °Brix ao longo do armazenamento, atribuída à menor atividade de enzimas envolvidas na degradação das reservas de carboidratos (Yuan & Carbaugh, 2007; D’aquino *et al.*, 2010)

2.3.7 Acidez titulável

Na comparação entre as doses, a dose 500 mg L⁻¹, 1000 mg L⁻¹ e 1500 mg L⁻¹, não diferiram estatisticamente entre si, porém todas diferiram da testemunha (Figura 11). Diferença estatística também ocorreu em função do tempo de armazenamento, a acidez dos frutos apresentou um decrescimento contínuo de 161,88% até o dia 35, chegando à 0,19% de ácido cítrico (Figura 12)

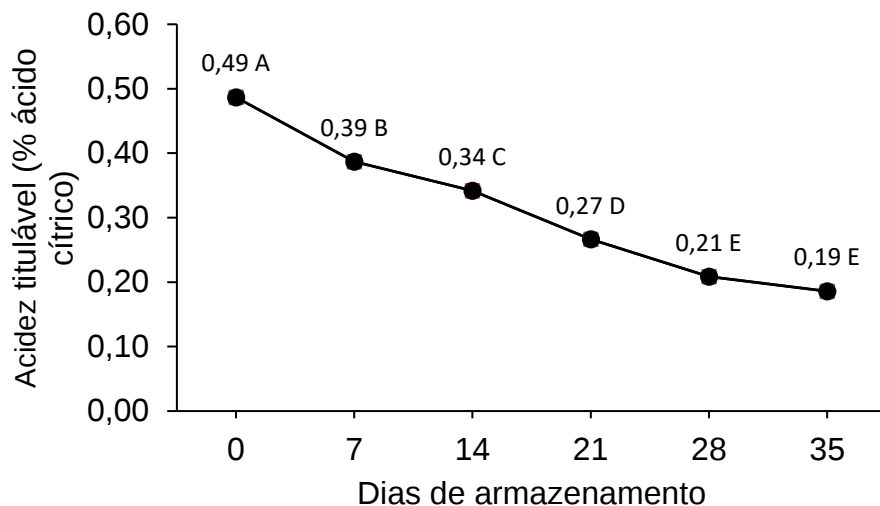
Resultados semelhantes foram encontrados em maçãs “Fuji” o qual Brackmann *et al.* (2004) aplicando AVG na pré-colheita observaram que o produto não teve efeito positivo na acidez titulável.

Figura 11- Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG).



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey “p ≤ 0,05”

Figura 12- Acidez titulável (% ácido cítrico) da polpa fresca dos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

Porém divergem de Elmenofy *et al.*, (2021), ao estudarem os efeitos do AVG, ácido salicílico e quitosana na pré-colheita de frutos de damasco 'Canino' observaram que o AVG a 100 e 150 mg L⁻¹, tiveram influência positiva na acidez titulável, obtendo resultados maiores em relação a testemunha. Abdel-Sattar *et al.*, (2025) aplicando diversos inibidores de etileno em abacates 'Fuerte' notou que o AVG conseguiu manter maiores valores de acidez do que a testemunha. Aglar *et al.*, (2016), estudando os efeitos do AVG e zinco na pré-colheita de maçãs 'Jersey Mac' observou que o tratamento contendo AVG influenciou positivamente nos teores de acidez titulável em comparação a testemunha. Em maçãs 'Gala', o tratamento pré-colheita com AVG, associado à absorção de etileno durante o armazenamento refrigerado, demonstrou eficácia na preservação da qualidade dos frutos, especialmente pela manutenção de níveis adequados de acidez titulável ao longo do tempo (AMARANTE *et al.*, 2009).

A redução da acidez é comum na maturação de frutos, associada à utilização de ácidos orgânicos no ciclo respiratório (Vieites *et al.*, 2012). O efeito modulador do AVG reforça seu papel na regulação da senescência metabólica e preservação de qualidade (D'aquino *et al.*, 2010; Salas *et al.*, 2011).

2.3.8 Compostos fenólicos

Para o conteúdo de compostos fenólicos totais (mg de ácido gálico 100 g⁻¹), na comparação entre as doses em cada dia de armazenamento (DA), houve diferença significativa aos 21, 28 e 35 (DA). Nesses períodos, a testemunha apresentou menor conteúdo de fenólicos em relação às doses aplicadas, que, por sua vez, não diferiram entre si (Tabela 5).

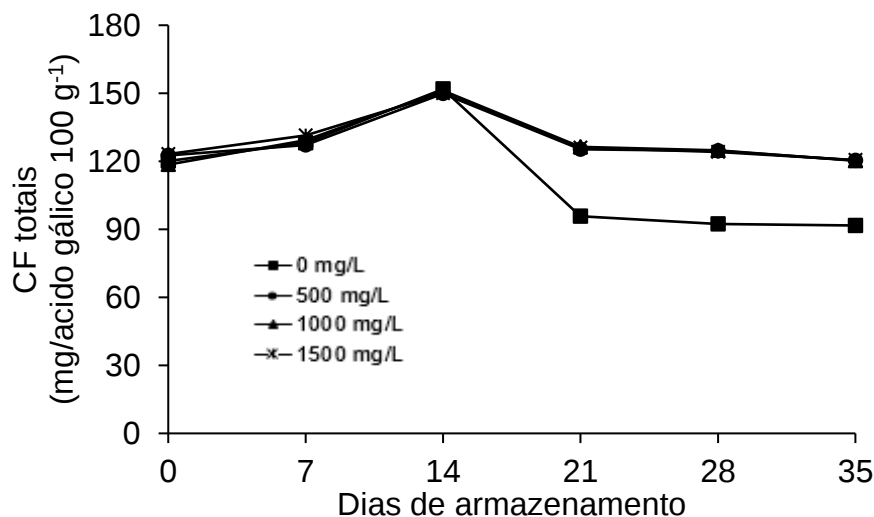
Tabela 5- Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g⁻¹) nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.

Dias	0	7	14	21	28	35
Teste	120,08 aB	128,17 aB	151,83 aA	95,82 bC	92,34 bC	91,69 bC
500 mg/L	122,59 aB	127,12 aB	149,83 aA	125,26 aB	124,53 aB	120,41 aB
1000 mg/L	118,54 aB	129,27 aB	151,16 aA	124,78 aB	126,34 aB	120,19 aB
1500 mg/L	123,21 aB	131,38 aB	149,99 aA	126,05 aB	124,08 aB	120,53 aB

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os compostos fenólicos totais nos frutos de abacate apresentaram diferenças significativas na comparação de cada dose ao longo dos dias de armazenamento, em que aos 14 (DA), apresentaram maiores teores (Tabela 5). Na comparação de cada dose em função do tempo de armazenamento, todas as doses de AVG nos dias 0, 7, 21, 28 e 35 não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Para a testemunha, também não houve diferença estatística entre os dias 0 e 7, assim como entre os dias 21, 28 e 35. Todos os tratamentos tiveram aumento do dia 0 até o dia 14 (DA), a testemunha e as doses de 500, 100 e 1500 mg/L⁻¹ tiveram aumento 26,44%; 22,22%; 27,51% e 21,73% respectivamente. Do 14 aos 35 (DA), houve uma redução de 65,59; 24,43; 25,76 e 24,42%, respectivamente para os tratamentos (Figura 13). Esses resultados demonstram que o AVG foi eficaz na atenuação da perda de compostos fenólicos ao longo do tempo, retardando o metabolismo oxidativo, especialmente nas doses mais altas.

Figura 13- Compostos fenólicos totais (mg ácido gálico 100 g⁻¹) nos frutos de abacate, em função das diferentes doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



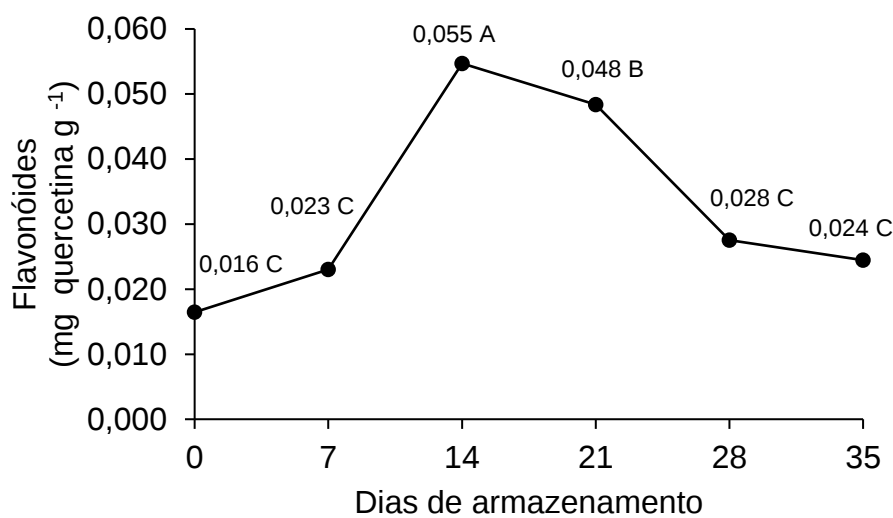
Segundo Chitarra & Chitarra (2005), os fenólicos tendem a diminuir durante a senescência, mas podem ser preservados por tratamentos que retardem o amadurecimento. Ozturk *et al.* (2013) também demonstraram que reguladores de crescimento como o AVG modulam a atividade de enzimas oxidativas, resultando em maior estabilidade fenólica. Em estudo de Yildiz *et al.* (2018), com aplicação de AVG na pré-colheita em cerejas, o produto ajudou a aumentar a firmeza, retardou a cor vermelha, porém teve menos compostos fenólicos, antioxidantes, e sólidos solúveis, porém a acidez titulável aumentou. Ozturk, Uzun & Karakaya, (2019) aplicando AVG e MAP em frutos de kiwi sob armazenamento refrigerado (0 ± 0.5 °C) e em tempo de prateleira observaram que o tratamento contendo AVG 225 mg L^{-1} apresentaram maiores valores de compostos fenólicos durante os 180 dias de armazenamento refrigerado em contraste a testemunha. Bal. (2020), estudando os efeitos do AVG em pera asiática sob armazenamento refrigerado (0 ± 1 °C) notou que a 200 mg L^{-1} obteve maiores valores de compostos fenólicos se comparado a testemunha durante os 120 dias de armazenamento. Aglar *et al.* (2016) observou que o AVG aplicado na pré colheita de maçãs 'Jersey Mac' diferenciou estatisticamente da testemunha, tendo maiores valores de compostos fenólicos.

2.3.9 Flavonoides

Na comparação entre as doses em cada dia de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas nos teores de flavonoides (Tabela 1).

Considerando a média geral dos tratamentos ao longo dos dias de armazenamento (DA), o maior conteúdo de flavonoides foi registrado aos 14 (DA), com 0,055 mg de quercetina g⁻¹ de polpa.

Figura 14- Flavonoides totais (mg quercetina g⁻¹), nos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey “p ≤ 0,05”

Houve um aumento no conteúdo de flavonoides de 232,42% do dia 0 até o dia 14 (DA), com redução de 123,81% até o dia 35 (DA) (Figura 14). Essa oscilação pode estar relacionada à ativação de vias metabólicas antioxidantes induzidas pelo estresse do armazenamento, seguido por degradação natural ao avançar da senescência, conforme discutido por Chitarra & Chitarra (2005). Esses resultados também foram relatados por Win *et al*, (2021), ao estudarem AVG e 1-MCP em caquis ‘Sangjudungsi’ sob armazenamento refrigerado observaram que não houve diferença significativa para teores de flavonoides entre os frutos tratados com AVG com a testemunha. Também Çetinbaş, (2024), o qual estudando a aplicação pré-colheita de AVG e ácido oxálico em nectarinas ‘Big Bang’ registrou que o AVG não aumentou os valores de flavonoides no fruto.

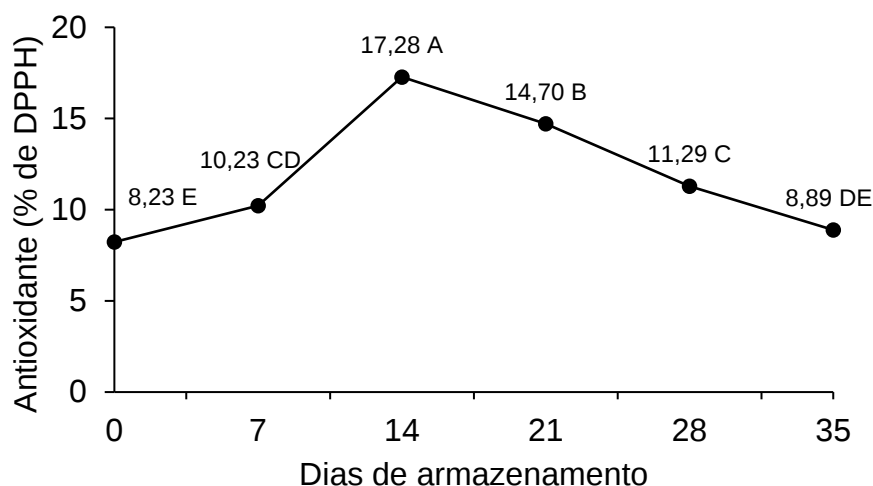
2.3.10 Atividade Antioxidante

Não foram observadas diferenças significativas entre as doses para a atividade antioxidante (Tabela 1). Considerando a média geral dos tratamentos ao longo dos

dias de armazenamento, verificou-se que aos 14 (DA) ocorreu a maior atividade antioxidante, com valor de 17,28% de inibição do radical DPPH (Figura 15). Esse comportamento foi semelhante ao observado para os teores de compostos fenólicos e flavonoides (Figuras 13 e 14).

Observou-se aumento da atividade antioxidante de 109,99% do dia 0 ao 14 DA; entretanto, do dia 14 ao 35 DA, houve redução de 94,35% (Figura 15).

Figura 15- Atividade antioxidante (% de DPPH reduzido), nos frutos de abacate, em função das doses de aminoetoxivinilglicina (AVG) ao longo dos 35 dias de armazenamento.



*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey " $p \leq 0,05$ "

Em estudo de Sá *et al.* (2008) e Canuto *et al.* (2010), que mostraram que o uso de inibidores da ação do etileno pode preservar compostos bioativos e retardar o declínio funcional dos antioxidantes durante a pós-colheita. Em trabalho de Aglar *et al.* (2016), aplicando AVG junto com zinco na pré-colheita ajudaram a retardar o surgimento da cor vermelha em maçãs Jersey Mac, junto com firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, compostos fenólicos e antioxidante. Uzun & Ozturk, (2020), os quais aplicando AVG e atmosfera modificada em frutos de kiwi sob armazenamento refrigerado viram que o AVG teve influência negativa em relação a testemunha, impactando em fruto com menores atividades antioxidantes. Soethe *et al.*, (2025), estudando doses únicas e parceladas de AVG em maçãs 'Baigent' notou que tanto a dose única quanto as doses parceladas não tiveram diferença estatística comparado a testemunha. Porém esses resultados divergem de Ozturk, Uzun & Karakaya. (2019)

onde aplicando AVG e MAP em frutos de kiwi sob armazenamento refrigerado (0 ± 0.5 °C) e em tempo de prateleira observaram que o tratamento contendo AVG 225 mg L⁻¹ teve influência positiva para os frutos de kiwi em relação a testemunha, tanto no sob armazenamento refrigerado quanto no tempo de prateleira.

Portanto, os resultados obtidos reforçam o potencial do AVG na conservação da qualidade funcional dos frutos de abacate, especialmente em relação à manutenção de compostos fenólicos, flavonoides e da atividade antioxidante. Monitorar essas variáveis é essencial para determinar o ponto ótimo de consumo e prolongar a vida útil dos frutos de abacate.

2.4 Análise dos componentes principais (ACP)

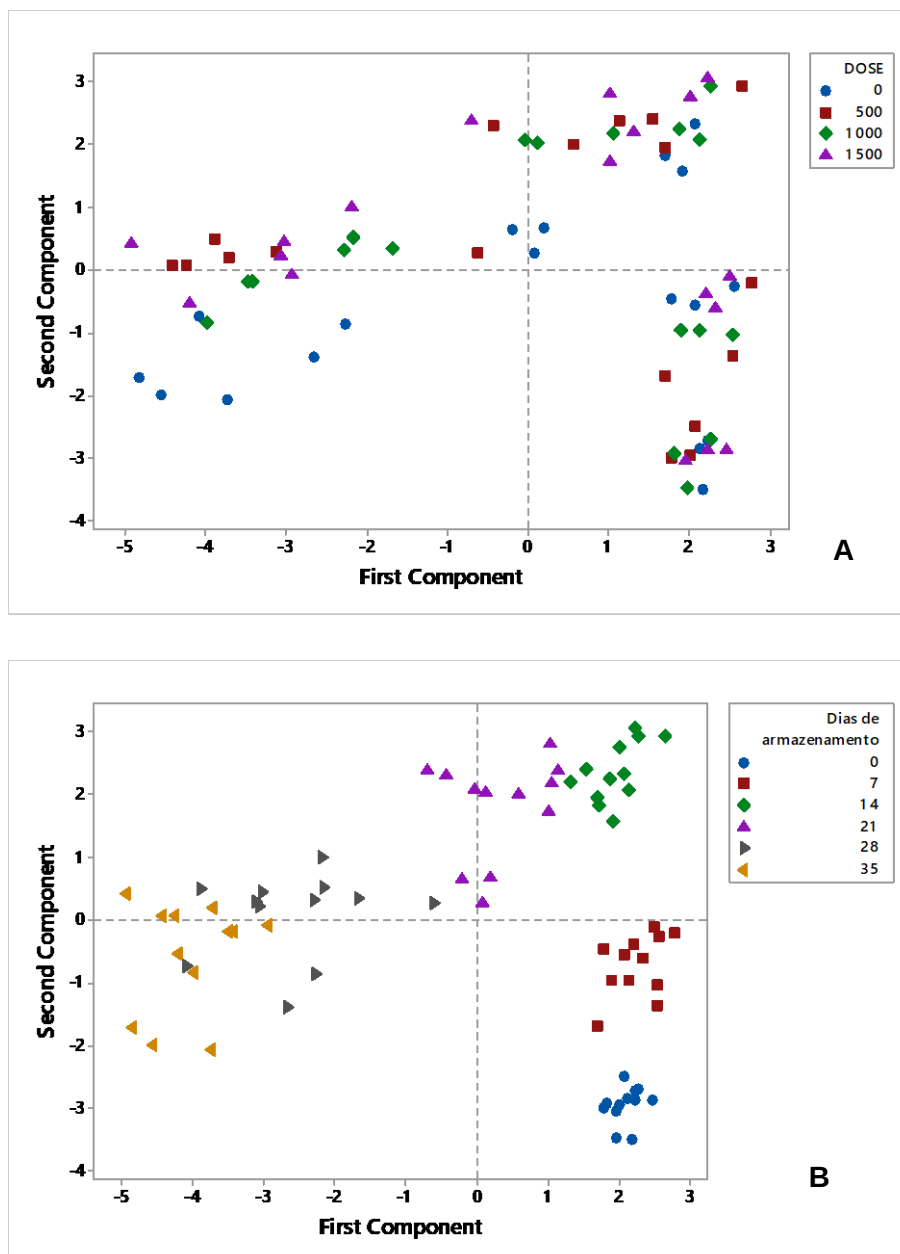
Tabela 6- Valores das variáveis e variância acumulada dentro de PC-1 e PC-2.

Variável	PC1	PC2
Perda de massa	-0.351	0.206
Respiração	0.082	0.466
Firmeza	0.348	-0,079
Luminosidade casca	0.337	-0.056
Croma casca	0.354	0.094
Ângulo Hue° casca	0.367	-0.005
Luminosidade polpa	0.276	0.015
Croma polpa	0.337	-0.203
Ângulo Hue° polpa	0.135	0.145
Ph	0.034	-0.056
Sólidos solúveis	0.114	0.341
Acidez	0.302	-0.272
Compostos fenólicos	0.207	0.246
Flavonoides	0.096	0.445
Antioxidante	0.100	0.456
Variância	0.428	0.232
Variância acumulada	0.428	0.661

A análise dos componentes principais possibilitou a visualização das variáveis de AVG dentro do tempo. Os dois primeiros principais componentes apresentaram,

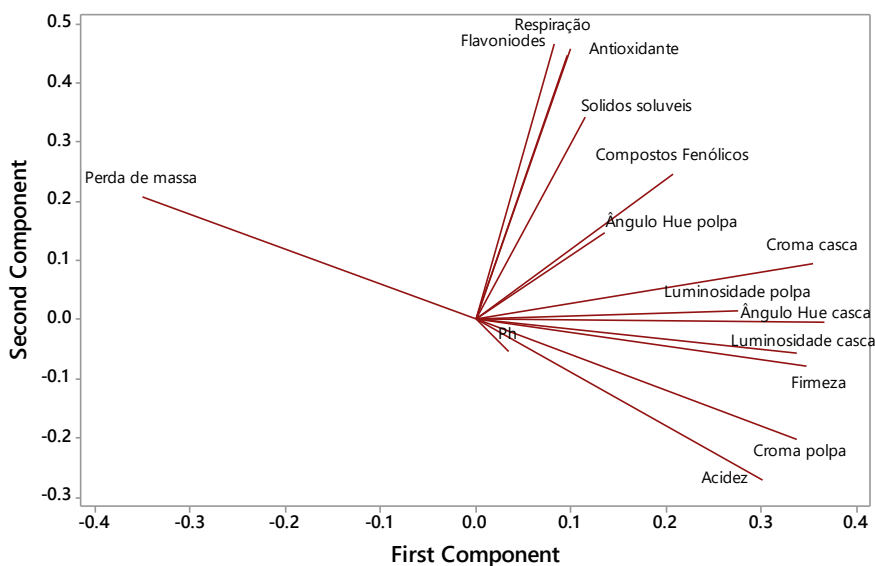
respectivamente 42% (PC-1) e 66% (PC-2), mostarm uma representação consistente das inter-relações entre os fatores analisados.

Figura 16- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais das doses de AVG (mg/L⁻¹) em cada dia (A) e dos dias de armazenamento nas doses (B).



O agrupamento mais aproximado das doses no dia 0 mostra que as doses pouco diferiram entre si, a partir dos dias 7, 14, 21, 28 e 35 o distanciamento tende a aumentar, mostrando que, com o passar dos dias, as doses ficaram mais heterogêneas entre si, mostrando que há uma maior variabilidade nos dias finais.

Figura 17- Projeção bidimensional dos resultados obtidos da análise de componentes principais para as variáveis analisadas.



Nos primeiros dias de análise, observaram-se valores mais elevados para características como cor da casca e da polpa, acidez, firmeza, respiração, compostos fenólicos, sólidos solúveis, atividade antioxidante, flavonoides e pH. Nos períodos mais avançados, destacaram-se os maiores resultados para perda de massa e acidez.

A perda de massa e a cromaticidade da polpa apresentaram valor inversamente proporcionais, os frutos mais novos possuem uma intensidade maior de cor, com o passar dos dias depois da colheita, essa intensidade vai diminuindo assim como a perda de massa devido a produção de etileno, como consequência ocorrendo a senescência.

Os resultados destacam a relevância do tempo de armazenamento em frutos climatéricos, evidenciando que os abacates passaram por alterações físicas, químicas e biológicas ao longo dos dias analisados (Chitarra; Chitarra, 2005).

2.5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado este trabalho, pode-se concluir que:

- As doses de AVG, em especial a dose 500 mg L⁻¹, foram eficazes na manutenção da firmeza, menor perda de massa, menor taxa respiratória e preservação dos compostos fenólicos.

REFERÊNCIAS

ABDEL-SATTAR, M. *et al.* CPPU and Ethylene Inhibitors as an Environmentally Friendly Strategy for Improving Fruit Retention, Yield, and Quality in Avocado. **Horticulturae**, v. 11, n. 2, p. 180, 2025.

AGLAR, E. *et al.* Efeitos dos tratamentos com aminoetoxivinilglicina e zinco foliar em gotas pré-colheita e atributos de qualidade dos frutos de maçãs Jersey Mac. **Sci. Hortic**, 213, 173–178, 2016

AGUIRRE-MEDINA, J. F *et al.* Preharvest Applications of Aminoethoxivinyglycine in *Mangifera indica* L. "Ataulfo" Variety in Two Contrasting Environments. **Agronomy**, v. 14, n. 5, p. 1017, 2024.

AMARANTE, C. V. T. D., & Steffens, C. A. O tratamento pré-colheita com AVG, aliado à absorção do etileno durante o armazenamento refrigerado, preserva a qualidade de maçãs' Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 334-342, 2009.

AMARANTE, C. V. T. D. *et al.* A pulverização pré-colheita com ácido giberélico (GA3) e aminoetoxivinilglicina (AVG) retarda a maturação e reduz as perdas de frutos na cultura do pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 1-5, 2005.

AWAD, M. M.; JAGER, A.; WESTING, L. M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 83, n. 3-4, p. 249-263, Mar. 2000.

BAL, E. Effect of postharvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) application on fruit quality of Asian pear (*Pyrus pyrifolia* cv. Hosui) during cold storage. **Erwerbs-Obstbau**, v. 62, n. 1, p. 69-75, 2020.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015.

BHORE, S. J. *et al.* The avocado (*Persea americana* Mill.): a review and sustainability perspectives. **ResearchGate**.(12), p. 1-50, 2021.

BLEINROTH, E. W.; ZUCCHINI, L. L.; POMPEO, D. C. Técnica de medição da atividade respiratória de frutas. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, n. 33, p. 1–12, 1976.

BONILLA-LOAIZA, A. M., VÁQUIRO-HERRERA, H. A., SOLANILLA-DUQUE, J. F. Physicochemical and bioactive properties of avocado (*Persea americana* Mill. cv. Lorena). **International Journal of Food Engineering**, v. 18, n. 4, p. 303-315, 2022.

BRACKMANN, A. *et al.* Controle da maturação de caqui 'Fuyu' com aplicação de aminoetoxivinilglicina e 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 953-961, 2013.

BRACKMANN, A. *et al.* Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, v. 68, p. 519-525, 2009.

BRACKMANN, A. Fisiologia pós-colheita e tecnologia de armazenamento. In: MELO, E. T. M.; BRUCKNER, C. H. (Org.). **Tecnologia pós-colheita de frutas**. Viçosa: UFV, p. 17–38, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: ANVISA, 2005.

CANUTO, K. M. *et al.* Avaliação do uso de inibidores de etileno sobre a produção de compostos voláteis e de mangiferina em manga. **Química Nova**, v. 33, p. 1535-1540, 2010.

ÇETINBAŞ, M. Effects of Pre-harvest Applications of Aminoethoxyvinylglycine and Oxalic Acid on Biochemical Compounds and Fruit Quality of 'Big Bang' Nectarine Variety. **Applied Fruit Science**, v. 66, n. 4, p. 1631-1640, 2024.

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

D'AQUINO, S. *et al.* Preharvest aminoethoxyvinylglycine treatments reduce internal browning and prolong the shelf-life of early ripening pears. **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 3, p. 353-360, 2010.

DE PAEPE, A; VAN DER STRAETEN, D. Ethylene biosynthesis and signaling: an overview. **Vitamins & Hormones**, v. 72, p. 399-430, 2005.

DONADON, J. R. **Distúrbio fisiológico provocado pelo frio e prevenção com tratamentos térmicos em abacates**. 2009.

DOS SANTOS, A. C. N. *et al.* Aplicação pós-colheita de aminoetoxivinilglicina e armazenamento refrigerado de manga Tommy Atkins. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE), **Petrolina. Anais**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

DUARTE, P. F. *et al.* Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência rural**, v. 46, n. 4, p. 747-754, 2016.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Situação da fruticultura no Brasil. In: FACHINELLO J. C.; NACHTIGAL J. C.; KERSTEN, E. **Fundamentos fruticultura**. Embrapa Clima Temperado, 2009.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. Aplicações da perda de massa fresca na avaliação da qualidade pós-colheita de produtos hortícolas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 702–705, 2002.

FUMES, J. G. F. *et al.* Fenólicos totais, polifenoloxidade e coloração em abacate'Fuerte'submetido a hidrotermia. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 12, n. 2, p. 149-155, 2011.

GOLDING, J.B. *et al.* Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.87-98, 1998.

HAYAMA, H., M. TATSUKI y Y. NAKAMURA. Combined treatment of aminoethoxyvinylglycine (AVG) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) reduces melting-flesh peach fruit softening. **Postharv. Biol. Technol.** 50, 228-230, 2008.

HE, J. *et al.* Effects of preharvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) treatment on fruit ripening, core browning and related gene expression in 'Huangguan' pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.). **Horticulturae**, v. 9, n. 2, p. 179, 2023.

HUBER, D. J., KARAKURT, Y., & JEONG, J. Pectin degradation in ripening and wounded fruits. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, p. 224-241, 2001.

LIEBERMAN, M. *et al.* Inhibition of ethylene production in fruit by aminoethoxyvinylglycine. **Plant Physiology**, v. 56, n. 3, p. 343–346, 1975.

KIM, H. Y. *et al.* Aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene treatments affect fruit quality and ethylene production in 'Geum Hwang' peach. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, n. 2, p. 1463-1472, 2024.

KUCUKER, E; OZTURK, B. The effects of aminoethoxyvinylglycine and methyl jasmonate on bioactive compounds and fruit quality of 'North Wonder' sweet cherry. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 12, n. 2, p. 114-119, 2015.

MALLADI, A.; TONAPI, K. V.; KON, T. M. Aminoethoxyvinylglycine reduces preharvest fruit drop and fruit ethylene evolution in 'Red delicious' Apple but affects fruit size and quality inconsistently. **HortScience**, v. 58, n. 11, p. 1410-1417, 2023.

MCGLASSON, W., A. Rath y L. Legendre. Preharvest application of aminoethoxyvinylglycine (AVG) modifies harvest maturity and cool storage life of 'Arctic Snow' nectarines. **Postharv. Biol. Technol.** N.36, p. 93-102, 2005.

MENSOR, L. L. *et al.* Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, p. 127–130, 2001.

NASR, S. I.; SOLIMAN, G. M. Effect of ethylene inhibitors on regulation of ripening and quality of "Fuerte" avocado fruits. **Egyptian Journal of Horticulture**, v. 51, n. 1, p. 27-40, 2024.

NGUYEN, V. T. *et al.* AVG treatment at pre-harvest to delay ripeness on booth7 avocado based on the activity of ACC synthases and ACC oxidase enzymes. **Journal of Agricultural Sciences–Sri Lanka**, v. 19, n. 2, 2024.

OZKAN, Y; OZTURK, B; YILDIZ, K. Effects of aminoethoxyvinylglycine and naphthaleneacetic acid on ethylene biosynthesis, pre-harvest fruit drop and fruit quality of apple. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 53, n. 4, 2016.

OZTURK, B; UZUN, S; KARAKAYA, O. Combined effects of aminoethoxyvinylglycine and MAP on the fruit quality of kiwifruit during cold storage and shelf life. **Scientia Horticulturae**, v. 251, p. 209-214, 2019.

OZTURK, B *et al.* Aminoethoxyvinylglycine and foliar zinc treatments play a key role in pre-harvest drops and fruit quality attributes of ‘william’s pride’apple. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 18, n. 2, p. 147–158-147–158, 2019.

OZTURK, B. *et al.* Changes of bioactive compounds and ethylene production of Japanese plums treated with pre-harvest aminoethoxyvinylglycine. **International Journal of Food Properties**, v. 18, n. 10, p. 2165-2186, 2015.

OZTURK, B. *et al.* Effect of aminoethoxyvinylglycine on biochemical, physicommechanical and colour properties of cv. Braeburn apples. **Semina: Ciencias Agrarias**, v. 34, n. 3, p. 1111-1120, 2013.

SÁ, C. R. L. *et al.* **Métodos de controle do etileno na qualidade e conservação pós-colheita de frutas**. 2008.

SALAS, N., F. *et al.* Volatile production by ‘Golden Delicious’ apples is affected by preharvest application of aminoethoxyvinylglycine. **Sci. Hortic.** 130, p.436-444, 2011.

SANTOS, M. D.; BLATT, C. T. T. Teor de flavonoides e fenóis totais em folhas de *Pyrostegia venusta* Miers. de mata e de cerrado. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 135-140, Aug. 1998.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152–178, 1999.

SOETHE, C. *et al.* Quality of ‘Baigent’ apples as a function of pre-harvest application of aminoethoxyvinylglycine and ethephon stored in controlled atmosphere. **Applied Food Research**, v. 2, n. 1, p. 100117, 2022.

SOUZA, F.G. de; CÔL, C.D. de. Development, quality and physical chemistry, and sensory microbiological fruit salad in syrup. 2014.

SUMITOMO CHEMICAL BRASIL. Sumitomo Chemical Brasil. São Paulo: Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda., 2025. Disponível em: <https://www.sumitomochemical.com.br>. Acesso em: 7 Out. 2025

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. R. H.; BRACKMANN, A. Maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 837-843, 2005.

TIPU, M. M. H; SHERIF, S. M. Ethylene and its crosstalk with hormonal pathways in fruit ripening: mechanisms, modulation, and commercial exploitation. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1475496, 2024.

TORRIGIANI, P. *et al.* Pre-harvest polyamine and aminoethoxyvinylglycine (AVG) applications modulate fruit ripening in Stark Red Gold nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, n. 3, p. 293-308, 2004.

TUCKER, G. *et al.* Ethylene and fruit softening. **Food Quality and Safety**, v. 1, n. 4, p. 253-267, 2017.

TUCKER, G. *et al.* Ethylene and fruit softening. **Food Quality and Safety**, v. 1, n. 4, p. 253-267, 2017.3, p. 293-308, 2004.

TUCKER, G.A. Introduction. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.) **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, p.1-51, 1993.

UZUN, S.; OZTURK, B. Effects of aminoethoxyvinylglycine and modified atmosphere packaging treatments on the color characteristics and antioxidant activity of kiwifruit during cold storage and shelf life. **Journal of postharvest Technology**, v. 8, n. 4, p. 9-17, 2020.

VALERO, D.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; SERRANO, M. The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. **Trends in Food Science & Technology**, v. 14, p. 373–380, 2003.

VIEITES, R. L., DAIUTO, É. R., & FUMES, J. G. F., Joana Giffoni Figueiredo. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 336-348, 2012.

WACLAWOVSKY, A. J. **Controle da maturação de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) cv. Gala, com aplicação pré colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG)**. 2001. 134 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WANG, L. *et al.* A moderate-fat diet with one avocado per day increases plasma antioxidants and decreases the oxidation of small, dense LDL in adults with overweight and obesity: a randomized controlled trial. **The Journal of Nutrition**, v. 150, n. 2, p. 276-284, 2020.

WANG, Z.; DILLEY, D. R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. **HortScience**, v. 36, p. 328-331, 2001.

WIN, N. M. *et al.* Effects of 1-methylcyclopropene and aminoethoxyvinylglycine treatments on fruit quality and antioxidant metabolites in cold-stored 'Sangjudungsi' persimmons. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 62, n. 6, p. 891-905, 2021.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual review of plant physiology**, v. 35, n. 1, p. 155-189, 1984.

YILDIZ, K. *et al.* The role of pre-harvest aminoethoxyvinylglycine (AVG) treatments on total phenolics, antioxidant capacity and fruit quality attributes of sweet cherry cultivars. **Erwerbs-Obstbau**, v. 60, n. 3, p. 221-230, 2018.

YUAN, R.; CARBAUGH, D. H. Effects of NAA, AVG, and ethephon on ethylene biosynthesis, preharvest drop, fruit maturity, and quality of 'Golden Supreme' and 'Golden Delicious' apples. **HortScience**, v. 42, n. 1, p. 101–105, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de AS e AVG para a conservação pós-colheita de abacates cv. Hass influenciou positivamente as características físico-químicas e bioquímicas. A aplicação adequada desses compostos, combinada ao armazenamento refrigerado, pode reduzir perdas qualitativas ao longo do período de conservação, prolongando a vida de prateleira e ampliando o tempo de comercialização da fruta. Entretanto, são necessários novos estudos para otimizar a aplicação desses produtos, garantindo maior durabilidade e eficácia na conservação dos frutos. Estratégias como o aumento da dosagem, a ampliação do tempo de exposição e a aplicação imediata após a colheita podem contribuir para prolongar seus efeitos e aprimorar a qualidade pós-colheita.

REFERENCIAS

ABDEL-SATTAR, M. *et al.* CPPU and Ethylene Inhibitors as an Environmentally Friendly Strategy for Improving Fruit Retention, Yield, and Quality in Avocado. **Horticulturae**, v. 11, n. 2, p. 180, 2025.

AGHDAM, M. S. *et al.* Impacto do ácido salicílico na fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. Em: **Tecnologia ecológica para a qualidade pós-colheita de produtos**. Academic Press, 2016. p. 243-268.

AGUIRRE-MEDINA, J. F *et al.* Preharvest Applications of Aminoethoxivinyglycine in *Mangifera indica* L. "Ataulfo" Variety in Two Contrasting Environments. **Agronomy**, v. 14, n. 5, p. 1017, 2024.

ALMASOUD, W. A. *et al.* Influence of Salicylic Acid and Melatonin During Postharvest Refrigeration on Prolonging Keitt Mango Freshness. **Sustainability**, v. 16, n. 23, p. 10675, 2024.

ALMEIDA, E. I. B. *et al.* Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças no Maranhão: estimativas, causas, impactos e soluções. **São Luís: EDUFMA**, 2020.

ALONSO-SALINAS, R. *et al.* Strategies to delay ethylene-mediated ripening in climacteric fruits: Implications for shelf life extension and postharvest quality. **Horticulturae**, v. 10, n. 8, p. 840, 2024.

ALTENDORF, S. **Major tropical fruits**-market review 2018. Rome: FAO, 2019

AOAC - Official methods of analysis chemists. 18. ed. **Washington: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL**, 2005.

AMIRI, S. *et al.* Postharvest quality of orange fruit as influenced by salicylic acid, acetic acid, and carboxymethyl cellulose coating. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 15, n. 5, p. 3912-3930, 2021.

ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 10, p. 502-509, 2010.

AUTIO, W. R.; BRAMLAGE, W. J. Effects of AVG on maturation, reopening and storage apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 107, p. 1074-1077, 1982.

BAGAUTDINOVA, Z. Z. *et al.* Salicylic acid in root growth and development. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 4, p. 2228, 2022.

BATOOL, M. *et al.* Effect of oxalic acid and salicylic acid treatments on the post-harvest life of temperate grown apricot varieties (*Prunus armeniaca*) during controlled atmosphere storage. **Food Science and Technology International**, v. 28, n. 7, p. 557-569, 2022.

BECKERS, G. J. M.; SPOEL, S. H. Fine-tuning plant defence signalling: salicylate versus jasmonate. **Plant biology**, v. 8, n. 01, p. 1-10, 2006.

BENÍTEZ, R. O. **Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe**. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BISSOLI, V. P. B.; BARCELOS, M^a. F. P. Benefícios do abacate para a saúde humana. Informe agropecuário. **Abacate: tecnologias de produção e benefícios à saúde**. Belo Horizonte, v. 39, n.303, p.93-101, 2018.

BHORE, S. J. *et al.* The avocado (*Persea americana* Mill.): a review and sustainability perspectives. **ResearchGate**.(12), p. 1-50, 2021.

BHUYAN, D. J. *et al.* The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits. **Antioxidants**, v. 8, n. 10, p. 426, 2019.

BLEINROTH, E. W.; CASTRO, D. Matéria-prima. **ITAL. Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**, v. 2, p. 58-148, 1995.

BOLLER, T.; HERNER, R. C.; KENDE, H. Assay for and enzymatic formation of an ethylene precursor, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. **Planta**, v. 145, p. 293-303, 1979.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H. Maturação da maçã 'Fuji' em função do atraso na colheita e da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 737-742, 2004.

BRACKMANN, A.; WACLAWOVSKY, A. J. Responses of 'Gala' apples to preharvest treatment with AVG and low ethylene CA storage. **Acta Horticulturae**, v. 553, p. 155-157, 2001.

CHAMPA, W.A H. *et al.* Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 6, p. 3607-3616, 2015.

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

CHENG, F. W. *et al.* Avocado consumption and markers of inflammation: Results from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). **European Journal of Nutrition**, v. 62, n. 5, p. 2105-2113, 2023.

COYOTL-PÉREZ, W. A. *et al.* Improving the shelf life of avocado fruit against *Clonostachys rosea* with chitosan hybrid films containing thyme essential oil. **Polymers**, v. 14, n. 10, p. 2050, 2022.

DAIUTO, E. R. *et al.* Estabilidade físico-química de um produto de abacate acondicionado em diferentes embalagens e conservado pelo frio. **Alimentos e Nutrição, Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 97-105, 2010.

DAIUTO, É.R *et al.* Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 417-424, 2014.

DAVARYNEJAD, G. H *et al.* Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 4, p. 2053-2062, 2015.

DE SOUZA, A. A. S; GONDIM, P. J. S; DA SILVA SANTOS, E. Métodos de conservação de frutos na pós-colheita. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 17, n. 01, p. 728-736, 2024.

DOS SANTOS, A. C. N. *et al.* Aplicação pós-colheita de aminoetoxivinilglicina e armazenamento refrigerado de manga Tommy Atkins. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, Petrolina. Anais. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

CARVALHO, H. D. *et al.* Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 605-615, 2001.

DAIUTO, E. R. *et al.* Composição química e atividade antioxidante da polpa, casca e subprodutos do abacate Hass. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p. 417-424, 2014

DAIUTO, E. R. *et al.* Armazenamento refrigerado de abacate 'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 122–131, 2010.

DAIUTO, E. R. *et al.* Avaliação da coloração, teor de fenóis e atividade da peroxidase no guacamole conservado pelo frio. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 59, n. 3, p. 331-342, 2009.

DAIUTO, E. R. ; VIEITES, R. L. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase em abacate da variedade Hass, submetidos ao tratamento térmico. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 9, n. 2, p. 106-112, 2008.

DA ROCHA NETO, A. C.; DI PIERO, R. M. Controle do bolor azul em frutos de maçã imersos em solução de ácido salicílico. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 884-891, 2013.

DA SILVERIA, N. S. S. *et al.* DOENÇAS FÚNGICIDAS PÓS-COLHEITA EM FRUTAS TROPICAIS: PATOGENESE E CONTROLE. **Revista Caatinga**, v. 18, n. 4, p. 283-298, 2005.

DAVUR, Y. J. *et al.* Estimating the ripeness of Hass avocado fruit using deep learning with hyperspectral imaging. **Horticulturae**, v. 9, n. 5, p. 599, 2023.

DEFILIPPI, B. G. *et al.* Changes in cell wall pectins and their relation to postharvest mesocarp softening of “Hass” avocados (*Persea americana* Mill.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 128, p. 142-151, 2018.

DREHER, M. L.; CHENG, F. W.; FORD, Nikki A. A comprehensive review of Hass avocado clinical trials, observational studies, and biological mechanisms. **Nutrients**, v. 13, n. 12, p. 4376, 2021.

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção.** Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, SDR, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais--FRUPEX, 1995.

DUARTE, P. F. *et al.* Avocado: Characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 747–754, 2016.

DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 42, n. 1, p. 185-209, 2004.

EHIKIOYA, C. O. *et al.* Carbohydrate digestive enzyme inhibition, hepatoprotective, antioxidant and antidiabetic benefits of *Persea americana*. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 284, 2023.

ELIOPOULOS, C. *et al.* Reintegration of food industry by-products: Potential applications. **Foods**, v. 11, n. 22, p. 3743, 2022.

FARMER, E.E.; RYAN, C.A. Interplant communication: airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. **Proceeding National Academy of Sciences**, Washington, v. 87, p. 7713- 7716, 1990.

FAN, X. T.; MATTHEIS, J. P.; BUCHANAN, D. Continuous requirement of ethylene for apple fruit volatile synthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 1959-1963, 1998.

FAN, X. *et al.* Preharvest methyl salicylate treatment enhance the chilling tolerance and improve the postharvest quality of apricot during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 177, p. 111535, 2021.

FANTE, C. A. *et al.* 1-MCP nos aspectos fisiológicos e na qualidade pós-colheita de maçãs Eva durante o armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, v. 43, p. 2142-2147, 2013.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops, 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 01 dez. 2024.

FISCHER, I. H. *et al.* Pós-colheita de abacates 'Fuerte' e 'Hass': características físicas e químicas, danos e controle de doenças. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 1, pág. 209-220, 2011.

FORD, N. A. *et al.* Nutritional composition of Hass avocado pulp. **Foods**, v. 12, n. 13, p. 2516, 2023.

GACNIK, S. *et al.* Salicylic and methyl salicylic acid affect quality and phenolic profile of apple fruits three weeks before the harvest. **Plants**, v. 10, n. 9, p. 1807, 2021.

GAO, J., ZHANG, Y., Li, Z., Liu, M., 2020. Role of ethylene response factors (ERFs) in fruit ripening. *Food Qual. Saf.* 4, 15–20. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz042>.

GARCÍA-PASTOR, M. E. *et al.* Preharvest application of methyl salicylate, acetyl salicylic acid and salicylic acid alleviated disease caused by *Botrytis cinerea* through stimulation of antioxidant system in table grapes. **International Journal of Food Microbiology**, v. 334, p. 108807, 2020.

GILSON, I.K. *et al.* Produção e plantio do abacate e suas características na economia brasileira e mundial. **Biodiversidade**, v. 22, n. 3, 2023.

GIMÉNEZ, M. J. *et al.* Postharvest methyl salicylate treatments delay ripening and maintain quality attributes and antioxidant compounds of 'Early Lory'sweet cherry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 117, p. 102-109, 2016.

GIMÉNEZ, M. J. *et al.* Quality and antioxidant properties on sweet cherries as affected by preharvest salicylic and acetylsalicylic acids treatments. **Food chemistry**, v. 160, p. 226-232, 2014.

GONZÁLEZ-VILLAGRA, J. *et al.* Salicylic Acid Improves Yield, Fruit Quality, and Post-Harvest Storage in Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) cv. Lapins Subjected to Late-Deficit Irrigation. **Horticulturae**, v. 10, n. 7, p. 707, 2024.

GRÜNER, R. *et al.* Salicylic acid and the hypersensitive response initiate distinct signal transduction pathways in tobacco that converge on the as-1-like element of the PR1a promoter. **European Journal of Biochemistry**, v. 270, p. 4876-4886, 2003.

HAO, J. H. *et al.* Insights sobre respostas de ácido salicílico em cotilédons de pepino (*Cucumis sativus* L.) com base em uma análise proteômica comparativa. **Plant Sci.**; 187:69-82, maio/2012. Doi: 10.1016/j.plantsci.2012.01.001.

HAMMERSCHMIDT, R. Systemic acquired resistance. **Advances in Botanical Research**, v. 51, p. 173-222, 2009.

HANIF, A. *et al.* Postharvest application of salicylic acid reduced decay and enhanced storage life of papaya fruit during cold storage. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, n. 6, p. 3078-3088, 2020.

HEGAZI, A.M.; EL-SHRAYI, A.M. Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common bean. **Australian Journal of Basic and Applied Science**, v. 1, n.4, p. 834-840, 2007.

HERNÁNDEZ, I. *et al.* Factors associated with postharvest ripening heterogeneity of 'Hass' avocados (*Persea americana* Mill). **Fruits**, v. 71, n. 5, p. 259-268, 2016.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Resfriamento de frutas e hortaliças. **Brasília: Embrapa Hortaliças**, 2002. p. 60-81.

HUAMAN-ALVINO, C. *et al.* Physicochemical and bioactive compounds at edible ripeness of eleven varieties of avocado (*Persea americana*) cultivated in the Andean Region of Peru. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 10, p. 5040-5049, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de abacate. IBGE, 2023. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abacate/br>>. Acesso em: 05 set. 2024.

JAMES-MARTIN, G *et al.* Avocado consumption and cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 124, n. 2, p. 233-248. e4, 2024.

JALALI, B. L.; BHARGAVA, S.; KAMBLE, A. Signal transduction and transcriptional regulation of plant defence responses. **Journal of Phytopathology**, v. 154, n. 2, p. 65-74, 2006.

JOYCE, D. C. *et al.* Effects of phosphonate and salicylic acid treatments on anthracnose disease development and ripening of 'Kensington Pride' mango fruit. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 6, p. 805-813, 2001.

KAZEMI, M.; ARAN, M.; ZAMANI, S. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage. **American Journal of Plant Physiology**, v. 6, n. 2, p. 113-119, 2011.

KLUGE, R. A. *et al.* Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, DF, v. 37, n. 7, p. 895-901, 2002.

KRUMREICH, F. D. *et al.* Margarida avocado oil: Effect of processing on quality, bioactive compounds and fatty acid profile. **Food Chemistry Advances**, v. 4, p. 100617, 2024.

KOYUNCU, M. A. *et al.* Postharvest treatments of salicylic acid, oxalic acid and putrescine influences bioactive compounds and quality of pomegranate during controlled atmosphere storage. **Journal of food science and technology**, v. 56, n. 1, p. 350-359, 2019.

KUCUKER, E; OZTURK, B. The effects of aminoethoxyvinylglycine and methyl jasmonate on bioactive compounds and fruit quality of 'North Wonder'sweet cherry. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 12, n. 2, p. 114-119, 2015.

KUMAR, N. *et al.* Impact of exogenous salicylic acid treatment on the cell wall metabolism and ripening process in postharvest tomato fruit stored at ambient temperature. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 6, p. 2961-2972, 2021.

LARQUE-SAAVEDRA, A. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. **Z Pflansenphysiol**, v.93, p. 371-375, 1979.

LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. Abacate: Aspectos técnicos da produção. **São Paulo: Cultura Acadêmica Editora**, 2008.

LIEU, M. D. *et al.* A review of preservation approaches for extending avocado fruit shelf-life. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 16, p. 101102, 2024.

LIU, D.; XU, C.; GUO, C.; ZHANG, X. Sub-zero temperature preservation of fruits and vegetables: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 275, p. 1-9, 2020.

LUO, Z.; CHEN, C.; XIE, J. Effect of salicylic acid treatment on alleviating postharvest chilling injury of 'Qingnai' plum fruit. **Postharvest biology and technology**, v. 62, n. 2, p. 115-120, 2011.

MAIA, G. A. *et al.* Processamento de frutas tropicais: composição nutricional, produtos e controle de qualidade. 2024.

MANDAL, S.; MALLICK, N.; MITRA, A. Salicylic acid-induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in tomato. **Plant physiology and Biochemistry**, v. 47, n. 7, p. 642-649, 2009.

MARRA, A. *et al.* Avocado and its by-products as natural sources of valuable anti-inflammatory and antioxidant bioactives for functional foods and cosmetics with health-promoting properties. **Applied Sciences**, v. 14, n. 14, p. 5978, 2024.

MINKE, P. Abacate: dos quintais para os espaços gourmets e fitness. Governo do Estado de São Paulo, 4 dez. 2020. Disponível em: <<https://www.agricultura.sp.gov.br/noticias/abacate-dos-quintais-para-os-espacos-gourmets-e-fitness>> Acesso em: 14 out. 2023.

MIR, N. A. *et al.* Relationship between ethylene response manipulation and volatile production in Jonagold variety apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 2653- 2659, 1999.

MORADINEZHAD, F.; RANJBAR, A. Advances in postharvest diseases management of fruits and vegetables: A review. **Horticulturae**, v. 9, n. 10, p. 1099, 2023.

MUNHUWEYI, K.; MPAI, S.; SIVAKUMAR, D. Extension of avocado fruit postharvest quality using non-chemical treatments. **Agronomy**, v. 10, n. 2, p. 212, 2020 NEVES, L. C. Manual pós-colheita da fruticultura brasileira. **SciELO-EDUEL**, 2018.

OLIVEIRA, A. F. de; SILVA, L. F. O. da; MESQUITA, H. A. de. Extração de azeite de abacate para uso gourmet. Informe agropecuário. **Abacate: tecnologias de produção e benefícios à saúde**. Belo Horizonte, v. 39, n.303, p.102-117, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. FAO. FAOSTAT. **Divisão de estatística**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 02 ago. 2023.

PEDRESCHI, R. *et al.* Primary metabolism in avocado fruit. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 795, 2019.

RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v. 43, p. 439–463, 1992.

RANADE, S., T. P. A review on Persea Americana Mill. (Avocado)- Its fruit and oil. **International Journal of PharmTech Research**, 8, 72-77. 2015

RANDO, R. R. Chemistry and enzymology of Kcat inhibitors. **Science**, v. 185. n. 4148. p. 320-324. 1974.

REID, M. S. Ethylene in Postharvest Technology. In: KADER, A. A. (Eds.) **Postharvest technology of horticultural crops**. California: University of California, 2002. p. 149-162.

RINALDI, M. M. *et al.* Armazenamento sob condições ambiente e aceitabilidade do melão'F1 Jangada'produzido em sistema hidropônico. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 804-812, 2006.

RODRÍGUEZ, M. C. *et al.* Análisis sensorial discriminativo y descriptivo deguacamole a base de polvo de aguacate "Hass". **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 18, n. 2, p. 117-125, 2020.

ROMANI, R. *et al.* Preharvest aminoethoxyvinylglycine treatment of cultivar Bartlett pear fruits: effects on ripening color change and volatiles. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 108, n. 6, p. 1046-1049, 1983.

SAMPAIO, A. C; WHATELY, M. C. Abacaticultura sustentável. Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

SANTOS-SÁNCHEZ, N. F. *et al.* Natural antioxidant extracts as food preservatives. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 16, n. 4, p. 361-370, 2017.

SCHUPP, J.; GREENE, D. W. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples: I. Concentration and timing of dilute applications of AVG. **HortScience**, v. 39, p. 1030-1035, 2004.

SANCHES, J.; DURIGAN, J. F.; DURIGAN, Maria FB. Application of mechanical damages in avocados and their effects to the quality of the fruits. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 164-175, 2008.

SANTOS, M. E. M. Guia prático para redução de perdas pós-colheita de produtos hortifrutícolas. 2024.

SGANZERLA, W. G. *et al.* **Postharvest treatment with 1-MCP in apple 'Gala' mutants: physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity.** 2018.

SRIVASTAVA, M. K. DWIVEDI, U.N. Delaying ripening of banana fruits by salicylic acid. **Plant Science**, v. 158, p. 87-96, 2000.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. R. H.; BRACKMANN, A. Maçã “Gala” armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 837-843, 2005.

SOARES, N. B. *et al.* **Tolerance to low temperatures of avocado (Persea americana) cultivars.** 2002.

SONG, W. *et al.* Advances in roles of salicylic acid in plant tolerance responses to biotic and abiotic stresses. **Plants**, v. 12, n. 19, p. 3475, 2023.

SCHWARZ, A. Relative humidity in cool stores: measurement, control and influence of discrete factors. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.2, n.368, p.687-692, 1994.

SUPAPVANICH, S., & PROMYOU, S. Efficiency of Salicylic Acid Application on Postharvest Perishable Crops. **SALICYLIC ACID**, 339–355, 2013.
doi:10.1007/97894-007-6428-6_15

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal.** 7ed. Porto Alegre: Artmed, 2024.

TAIZ, L., ZEIGER, E. 2013. **Fisiologia Vegetal.** Artmed, Porto Alegre, Brazil.

URBAN, L. *et al.* Prospects for increasing the efficacy of plant resistance inducers stimulating salicylic acid. **Agronomy**, v. 12, n. 12, p. 3151, 2022.

VALENTE, G. C.; MACHADO, B. A. S.; NERY, T. B. R. **Caracterização e análise comparativa dos óleos extraídos da semente e da polpa do abacate (*Persea americana* Mill.) utilizando diferentes métodos de extração**. Salvador, 2020. 119 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) - SENAI CIMATEC, Salvador, 2020.

VALERO, D. *et al.* Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5483-5489, 2011.

VALVERDE, J. M. *et al.* Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees increase antioxidant systems in fruit at harvest and during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 109, p. 106-113, 2015. VIEITES, R. L. ; RUSSO, V. C. ; DAIUTO, E. R. Avocado'HASS'quality subjected to modified atmospheres and cold storage. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 329-338, 2014.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; FUMES, J. G. F.. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 336-348, 2012.

WACLAWOVSKY, A. J. **Controle da maturação de maçãs (*Malus domestica* Borkh.) cv. Gala, com aplicação pré colheita de aminoetoxivinilglicina (AVG)**. 2001. 134 f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

WANG, L. *et al.* A moderate-fat diet with one avocado per day increases plasma antioxidants and decreases the oxidation of small, dense LDL in adults with overweight and obesity: a randomized controlled trial. **The Journal of Nutrition**, v. 150, n. 2, p. 276-284, 2020.

WANG, T. *et al.* Effect of magnetic field with different dimensions on quality of avocado puree during frozen storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 3, p. 1698–1707, 2022.

WANG, Z.; DILLEY, D. R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. **HortScience**, v. 36, p. 328-331, 2001.

WEREMFO, A.; ADULLEY, F.; ADARKWAH-YIADOM, M. Simultaneous optimization of microwave-assisted extraction of phenolic compounds and antioxidant activity of avocado (*Persea americana* Mill.) seeds using response surface methodology. **Journal of analytical methods in chemistry**, v. 2020, n. 1, p. 7541927, 2020.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual review of plant physiology**, v. 35, n. 1, p. 155-189, 1984.

YAO, H.; TIAN, S. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, n. 3, p. 253-262, 2005.

ZHANG, H. *et al.* Biocontrol of gray mold decay in peach fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid and their effects on postharvest quality parameters. **Biological Control**, v. 47, n. 1, p. 60-65, 2008.

ZHANG, X. *et al.* Methyl salicylate-induced arginine catabolism is associated with up-regulation of polyamine and nitric oxide levels and improves chilling tolerance in cherry tomato fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 17, p. 9351-9357, 2011.

ZHOU, Y. *et al.* Transcriptomic and biochemical analysis of highlighted induction of phenylpropanoid pathway metabolism of citrus fruit in response to salicylic acid, *Pichia membranaefaciens* and oligochitosan. **Postharvest Biology and Technology**, v. 142, p. 81-92, 2018.

ZAUBERMAN, M. S.; SCHIFFMAN-NADEL, M.; YANKO, U. Susceptibility to chilling injury of three avocado cultivars stages of ripening. **HortScience**, Alexandria, v. 8, n. 4, p. 511-513, 1973.