



ANDRÉ BOSCOLO NOGUEIRA DA GAMA

FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE ALSTROEMERIA

**LAVRAS – MG
2023**

ANDRÉ BOSCOLO NOGUEIRA DA GAMA

FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE ALSTROEMERIA

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Doutor.

Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

**LAVRAS - MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Gama, André Boscolo Nogueira da.

Fisiologia pós-colheita de Alstroemeria / André Boscolo
Nogueira da Gama. - 2023.

79 p. : il.

Orientador(a): Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2023.
Bibliografia.

1. Amarelecimento. 2. Durabilidade. 3. Soluções conservantes.
I. Paiva, Patrícia Duarte de Oliveira. II. Título.

ANDRÉ BOSCOLO NOGUEIRA DA GAMA

FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE ALSTROEMERIA

POSTHARVEST PHYSIOLOGY OF ALSTROEMERIA

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Doutor.

APROVADA em 13 de novembro de 2023.

Dra. Michele Valquíria dos Reis	UFLA
Dr. Paulo Roberto Corrêa Landgraf	UNIFENAS
Dra. Simone Novaes Reis	EPAMIG
Dra. Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante	UNIVASP

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

LAVRAS - MG
2023

Dedico esta conquista a Deus, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Agradeço a minha família, especialmente aos meus pais, Mauro Werneck Nogueira da Gama e Marly Auxiliadora Boscolo da Gama, e ao meu irmão Gustavo Boscolo Nogueira da Gama.

Agradeço à professora Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva, pela orientação, apoio, ensinamentos e compreensão durante esta caminhada. A todos os professores dos programas de Fitotecnia, Fisiologia Vegetal e Estatística Experimental, que ministraram as disciplinas com excelência e alcançaram o objetivo da construção do conhecimento. Agradeço à secretária do Departamento de Fitotecnia, Marli dos Santos Túlio, pela eterna amizade.

Agradeço aos amigos e funcionários do NEPAFLOR, Horto Botânico, LCTP e da Olericultura, por me fazerem companhia nas atividades e compartilhar momentos alegres.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras pela excelente infraestrutura e por ser parte da minha formação.

Agradeço ao Grupo Reijers pelo apoio e por ceder o material vegetativo utilizado neste trabalho.

O presente trabalho foi realizado graças ao apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Muito obrigado!

“Os limites só existem se você os deixar existir” (Kakarotto)

RESUMO

A alstroemeria é uma das principais flores de corte do mundo e a segunda mais comercializada no Brasil. No entanto, apresenta como entrave a etapa pós-colheita, em decorrência do rápido amarelecimento das folhas, o que antecipa a perda do valor ornamental. O manejo adequado pós-colheita das hastes é fundamental para preservar a qualidade e aumentar a durabilidade. O uso de soluções conservantes pós-colheita tem sido um dos principais recursos aplicados para estas finalidades. Apesar de existirem diversos trabalhos testando soluções conservantes na pós-colheita de alstroemeria, raros são os trabalhos que identificam os efeitos fisiológicos e englobam os processos bioquímicos durante as diversas etapas comerciais que ocorrem desde a colheita até o consumidor final. Com isso, objetivou-se analisar os efeitos fisiológicos e realizar estudos bioquímicos sobre as soluções conservantes pós-colheita para a manutenção de hastes florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, sendo cinco soluções conservantes pós-colheita e seis épocas de coleta de dados. As soluções utilizadas para teste foram a 6-benziladenina (200 mg L^{-1}), *FloraLife Crystal Clear*® (10 g L^{-1}), Florissant 210XC ($0,05 \text{ mL L}^{-1}$) com cloro ($0,03 \text{ g L}^{-1}$), ácido giberélico ($0,1 \text{ mM}$) e tiosulfato de prata (2 mM em *pulsing*) até o final da vida útil das hastes. Avaliou-se a temperatura, pH e condutividade elétrica das soluções; vida de vaso, massa fresca relativa e produção de etileno das hastes florais; teor de clorofila, conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos das folhas; atividade enzimática da catalase, superóxido dismutase, peroxidase e ascorbato peroxidase das flores; quantificação do peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica das flores. Além disso, diariamente foram mensurados a temperatura e umidade do ambiente. Hastes florais dispostas em ácido giberélico, Florissant 210XC com cloro e tiosulfato de prata promoveram maior durabilidade pós-colheita. O ácido giberélico e o Florissant 210XC com cloro foram eficazes em retardar o amarelecimento foliar, enquanto o tiosulfato de prata preveniu a abscisão do perianto. Houve pouca variação na massa fresca relativa, teor de clorofila, conteúdo relativo de água e produção de etileno durante as etapas de colheita, armazenamento e transporte. Contrariamente, na etapa de comercialização houve maior variação. As enzimas CAT, POD, SOD e APX reduziram o acúmulo de H_2O_2 e tiveram maior atividade na colheita e comercialização. Não houve diferença na temperatura e condutividade elétrica das soluções conservantes. O *FloraLife Crystal Clear*® com pH ácido apresentou menor durabilidade de vaso.

Palavras-chave: Amarelecimento. Folhas. Qualidade. Durabilidade. Bioquímica.

ABSTRACT

Alstroemeria is one of the main cut flowers globally and the second most sold in Brazil. However, it poses a challenge during the post-harvest stage due to the rapid yellowing of the leaves, which leads to a loss of ornamental value. Proper post-harvest management of alstroemeria is essential to preserve quality and enhance durability. The utilization of conservative post-harvest solutions has been a primary approach for addressing these concerns. Despite numerous studies testing conservative solutions in the post-harvest treatment of alstroemeria, there is a scarcity of research identifying the physiological effects and encompassing the biochemical processes throughout the various commercial stages, from harvest to the final consumer. Thus, the objective of this study was to analyze the physiological effects and conduct biochemical studies on post-harvest conservative solutions for maintaining the floral stems of *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi. The experiment was conducted using a completely randomized design, involving five conservative post-harvest solutions and six data collection periods. The solutions used for testing were 6-benzyladenine (200 mg L⁻¹), FloraLife Crystal Clear® (10 g L⁻¹), Florissant 210XC (0.05 mL L⁻¹) with chlorine (0.03 g L⁻¹), gibberellic acid (0.1 mM) and silver thiosulfate (2 mM in pulsing) until the end of the stems useful life. Parameters such as temperature, pH and electrical conductivity of the solutions; vase life, relative fresh mass and ethylene production of floral stems; chlorophyll content, relative water content and electrolyte leakage from leaves; enzymatic activity of catalase, superoxide dismutase, peroxidase and ascorbate peroxidase of flowers; quantification of hydrogen peroxide and lipid peroxidation of flowers. In addition, the temperature and humidity of the environment were measured daily. Floral stems treated with gibberellic acid, Florissant 210XC with chlorine, and silver thiosulfate showed greater post-harvest durability. Gibberellic acid and Florissant 210XC with chlorine effectively delayed leaf yellowing, while silver thiosulfate prevented perianth abscission. There was minimal variation in relative fresh mass, chlorophyll content, relative water content and ethylene production during the harvest, storage and transport stages. However, significant variation was observed during the commercialization stage. Enzymes CAT, POD, SOD and APX reduced H₂O₂ accumulation and exhibited greater activity during harvesting and marketing. No significant differences were noted in the temperature and electrical conductivity of the conservative solutions. FloraLife Crystal Clear®, with na acidic pH, demonstrated a shorter vase life.

Keywords: Yellowing. Leaves. Quality. Durability. Biochemical.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

Figura 1 -	Escala de referência visual de senescência da folha de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi.....	40
Figura 2 -	Escala de referência visual de senescência da flor de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi.....	40
Figura 3 -	Temperatura e umidade relativa do ambiente.....	41
Figura 4 -	Temperatura das soluções conservantes pós-colheita.....	47
Figura 5 -	pH das soluções conservantes pós-colheita.	48
Figura 6 -	Condutividade elétrica das soluções conservantes pós-colheita.....	49
Figura 7 -	Massa fresca relativa de hastes florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	50
Figura 8 -	Teor de clorofila em folhas de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.	51
Figura 9 -	Conteúdo relativo de água de folhas de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	52
Figura 10 -	Extravasamento de eletrólitos de folhas de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	53
Figura 11 -	Produção de etileno de hastes florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	54
Figura 12 -	Atividade específica da enzima superóxido dismutase em pétalas florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	55
Figura 13 -	Atividade específica da enzima catalase em pétalas florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	56
Figura 14 -	Atividade específica da enzima peroxidase em pétalas florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	57
Figura 15 -	Atividade específica da enzima ascorbato peroxidase em pétalas florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	58
Figura 16 -	Quantificação do peróxido de hidrogênio em pétalas florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.....	59

Figura 17 -	Quantificação da peroxidação lipídica em pétalas florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.	60
Figura 18 -	Morfologia de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 1 - haste 1).	61
Figura 19 -	Morfologia de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 1 - haste 2).	62
Figura 20 -	Morfologia de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 2 - haste 1).	
Figura 21 -	Morfologia de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 2 - haste 2).	64

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

Tabela 1 – Durabilidade de hastes florais de <i>Alstroemeria hybrida</i> cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes	49
---	----

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	13
1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	A cultura da alstroemeria	17
2.2	Colheita e classificação da alstroemeria	18
2.3	Fisiologia pós-colheita de flores de corte	19
2.4	Soluções conservantes pós-colheita	20
2.5	Processos fisiológicos e bioquímicos	21
2.5.1	Senescência	21
2.5.2	Degradação de clorofila	22
2.5.3	Produção de etileno	23
2.5.4	Extravasamento de eletrólitos	23
2.5.5	Conteúdo relativo de água	23
2.5.6	Massa fresca relativa	24
2.5.7	Avaliações bioquímicas	24
2.5.7.1	Superóxido dismutase (SOD – EC 1.11.1.6)	25
2.5.7.2	Peroxidase (POD – EC 1.11.1.7)	25
2.5.7.3	Catalase (CAT – EC 1.11.1.6)	25
2.5.7.4	Ascorbato peroxidase (APX - EC 1.11.1.11)	26
2.5.7.5	Peróxido de hidrogênio	26
2.5.7.6	Peroxidação lipídica	27
	REFERÊNCIAS	28
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO*	35
	ARTIGO 1 SOLUÇÕES CONSERVANTES E FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE ALSTROEMERIA HYBRIDA CV. AKEMI	36
1	INTRODUÇÃO	37
2	MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1	Local e material vegetativo	38
2.2	Procedimentos e tratamentos experimentais	38
2.3	Avaliações	41
2.4	Análise estatística	46
3	RESULTADOS	46
4	DISCUSSÕES	65

5	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	74

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A alstroemeria (*Alstroemeria hybrida* L.) pertence à família Alstroemeriaceae, com cerca de 60 espécies de plantas, originária das regiões frias e montanhosas dos Andes (AROS *et al.*, 2019). É cultivada comercialmente como flor de corte, apresentando crescente popularidade e interesse econômico. Considerada uma das flores de corte mais importantes do mundo (KAUSHAL *et al.*, 2019), ocupa a segunda posição em comercialização no Brasil, sendo superada apenas pelas rosas (IBRAFLOR, 2021). Apesar da alta demanda, os produtores ainda carecem de assistência e informações. A principal limitação nas etapas pós-colheita e comercialização da alstroemeria é o rápido amarelecimento das folhas antes da senescência das flores, antecipando a perda do valor ornamental (BAZAZ; TEHRANIFAR, 2011). O amarelecimento foliar pode ser causado por vários fatores, incluindo estresse hídrico, deficiência de nutrientes, doenças, pragas, herbicidas, frio excessivo e, especialmente, a sensibilidade da espécie ao etileno, podendo causar senescência precoce nas hastes florais (TOSCANO *et al.*, 2018).

O etileno é um hormônio gasoso produzido pelas plantas que atua no processo de senescência, influenciando a longevidade das flores de corte. Este hormônio induz a diversas respostas fisiológicas, como a abertura de botões florais, o estímulo à secreção de óleos essenciais, a síntese de pigmentos, açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, além do murchamento e abscisão de folhas, pétalas e sépalas, antecipando, assim, a senescência das flores (NASIRI *et al.*, 2020).

A utilização de substâncias conservantes na solução de vaso é um método indicado para aprimorar a pós-colheita de flores de corte. Produtos químicos e biológicos são empregados como fitoreguladores com o objetivo de prevenir a deterioração dos tecidos, controlar a formação de bactérias e fungos, além de auxiliar na melhoria da absorção de água e nutrientes, estendendo, assim, a vida de vaso (SALES *et al.*, 2021).

A maioria dos estudos pós-colheita realizados com alstroemeria se concentra em avaliar o efeito de diferentes temperaturas de armazenamento, manejo e condições de embalagem na qualidade e vida das flores (HATAMZADEH *et al.*, 2012; WEERARATNE *et al.*, 2012; SENAPATI *et al.*, 2016; GALATI *et al.*, 2017; THAKUR, 2020; GALATI *et al.*, 2021; NIRMALA *et al.*, 2023). Além disso, estudos também são conduzidos para avaliar o efeito da aplicação de diferentes soluções conservantes. Destacam-se, para a alstroemeria, o uso de ácido giberélico, 6-benziladenina (KAVIYA *et al.*, 2021) e tiosulfato de prata (CHANASUT *et al.*, 2003). Essas substâncias atuam, de modo geral, na diminuição ou limitação da produção de

etileno e na regulação do crescimento, retardando o processo de degradação das hastes florais. O tiosulfato de prata também possui atividade antimicrobiana e ajuda a evitar o murchamento das folhas (NAING; KIM, 2020). Diversas são as formas de analisar os efeitos dessas soluções, como por meio de processos fisiológicos resultantes do crescimento, desenvolvimento e senescência em uma planta, a quantificação de etileno (MATAK *et al.*, 2017), a degradação de clorofila (JOWKAR, 2015), avaliações bioquímicas e microbianas, o extravasamento de eletrólitos, dentre outros (LANGROUDI *et al.*, 2020).

Apesar de existirem numerosos trabalhos testando soluções na pós-colheita de alstroemeria, com objetivo de preservação das hastes (MATAK *et al.*, 2017; LANGROUDI *et al.*, 2020; NAGHILOO *et al.*, 2020; NASIRI *et al.*, 2020; KAVIYA *et al.*, 2021; KIASEH *et al.*, 2021; ANVARI *et al.*, 2022; PINTOS *et al.*, 2023), não existem trabalhos que identifiquem os efeitos fisiológicos e englobem os processos bioquímicos durante as diversas etapas comerciais que ocorrem desde a colheita até a comercialização. Uma vez que a alstroemeria é uma flor delicada, é de suma importância que os produtores garantam que as flores cheguem ao destino final em boas condições, sendo necessário investir em uma boa solução pós-colheita.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa é analisar os efeitos fisiológicos e estudos bioquímicos de diferentes soluções conservantes pós-colheita para a manutenção de hastes florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A alstroemeria é originária da América do Sul, e seu nome foi dado em homenagem ao botânico sueco Clas Alströmer, no século XVIII (VÄRE, 2015). Devido a sua crescente popularidade, o mercado de alstroemeria como flor de corte tem se mostrado ser muito competitivo, e os produtores se dedicam continuamente a melhorar a qualidade de suas flores.

2.1 A cultura da alstroemeria

O gênero *Alstroemeria* L. é caracterizado principalmente por plantas herbáceas, com inflorescências em cimeira umbeliforme e flores zigomorfas com padrões de listras nas pétalas. As espécies estão distribuídas na América do Sul, sendo a maioria originária do Brasil e do Chile. Pertencentes à família Alstromeriaceae, são conhecidas popularmente por alstroeméria, madressilva, lírio-peruviano, carajuru, astroméria, alstromélia ou alstromeria (TOMBOLATO, 2004).

Caracteriza-se como uma planta de ciclo de vida perene, ereta, rizomatosa e com raízes tuberosas suculentas e carnosas, que reservam água e sais minerais e servem como estrutura de propagação da espécie (TOMBOLATO, 2004). As folhas são alternas, oblongas e elípticas. As flores apresentam um padrão de pigmentação bem característico, com manchas nas pétalas em diversas cores, sendo as brancas, amarelas, alaranjadas, rosas, lilás e vermelhas, as mais comuns (ASSIS, 2002).

Por apresentar características de grande valor ornamental, a alstroemeria é mais utilizada como flor de corte, e a grande demanda é pela espécie híbrida, cujas flores alcançam uma vida de vaso de 8 a 17 dias (GIRARDI *et al.*, 2015; GALATI *et al.*, 2017; LANGROUDI *et al.*, 2020). A Holanda foi pioneira na criação de variedades híbridas mais resistentes e com flores maiores e mais coloridas. Japão e China também desenvolveram variedades híbridas mais resistentes e com melhores características de flores e folhas, além de aprimorarem técnicas de cultivo (PAIVA; ALMEIDA, 2014).

Diversos países desenvolvem seus próprios programas de melhoramento genético de alstroemeria. Esses programas, no geral, buscam produzir variedades mais resistentes a pragas e doenças, flores e folhas de grande qualidade e durabilidade, bem como desenvolver variedades que sejam mais resistentes às mudanças climáticas e possam ser cultivadas em diferentes regiões do mundo. A popularidade da alstroemeria vem aumentando, como acontece

no Canadá, Japão, EUA (LANGROUDI *et al.*, 2020) e na União Europeia, onde é muito apreciada pela variedade de cores e longevidade pós-colheita (NAGHILOO *et al.*, 2020).

A propagação da alstroemeria geralmente ocorre por micropropagação, sementes ou divisão manual do rizoma (AROS *et al.*, 2017), sendo a divisão do rizoma e a propagação *in vitro* as mais comuns entre os produtores comerciais (REIJERS, 2023).

A alstroemeria é cultivada em praticamente todos os tipos de solo, desde turfa até solos arenosos e argilosos, contanto que o solo contenha ar e drenagem suficientes. O sistema de irrigação normalmente é feito por gotejamento e deve ser suficiente para manter todo o solo úmido (KONST ALSTROEMERIA, 2019). Em países quentes, com umidade inferior a 50%, a combinação de linhas de gotejamento e um sistema de aspersão é muito útil. A alstroemeria tem melhor desempenho quando as plantas recebem rega frequente e intensa, porque a maioria das raízes está localizada na camada superior do solo até 25 cm de profundidade (KONST ALSTROEMERIA, 2019).

Antes do plantio, é necessário que o solo tenha a estrutura adequada e que a quantidade de fosfato no solo seja suficiente. Os nutrientes comumente fornecidos são nitrato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, nitrato de magnésio e sulfato de magnésio (KONST ALSTROEMERIA, 2019). O plantio geralmente é realizado em canteiros com duas a quatro telas tipo treliça dispostas na horizontal para condução e sustentação das hastes ao longo do ciclo de produção. Utiliza-se geralmente o espaçamento entre plantas de 35 a 40 cm e entre as linhas de 40 a 50 cm (KONST ALSTROEMERIA, 2019).

O florescimento da alstroemeria inicia entre 10 a 15 semanas após o plantio, com a produção contínua durante 4 a 6 anos, variando conforme a cultivar. Após, as plantas ainda produzem hastes florais suficientes, mas a qualidade torna-se baixa (LANGROUDI *et al.*, 2020). Nestes casos, indica-se fazer o replantio a fim de atender às demandas de qualidade do produto e o retorno econômico (LANGROUDI *et al.*, 2020).

2.2 Colheita e classificação da alstroemeria

A colheita da alstroemeria ocorre a partir do arranquio ou corte das hastes quando as primeiras flores atingirem 30% de abertura floral ou mostrando a cor. O intervalo de colheita varia conforme a cultivar, mas normalmente as hastes são colhidas duas vezes por semana durante o inverno e três a quatro vezes por semana durante o verão (GIRARDI *et al.*, 2015).

A classificação de qualidade da alstroemeria segue os padrões relacionados ao comprimento e diâmetro da haste e quantidade de flores (IBRAFLOR, 2022). O comprimento

é medido da base da haste até a ponta da flor principal e classificado em 60, 70 ou 80 cm. O diâmetro da haste deve ter no mínimo 6 mm de espessura. As flores são comercializadas em maços e devem conter, em média, 10 hastes (IBRAFLOR, 2022).

Em relação aos critérios de qualidade, existem duas categorias: a categoria A1, de primeira qualidade, e a categoria A2, de segunda qualidade. A qualidade do lote é estabelecida conforme limites de tolerância para defeitos leves e graves (IBRAFLOR, 2022).

2.3 Fisiologia pós-colheita de flores de corte

A longevidade das hastes de flores de corte está diretamente relacionada a vários fatores, como os genéticos, fisiológicos e morfológicos de cada espécie. A variabilidade genética das plantas confere características próprias a cada cultura, assim como os sintomas de senescência e a durabilidade da vida em vaso.

O processo de produção das flores de corte, na fase de colheita, resulta na interrupção do fornecimento de água e nutrientes essenciais para os processos metabólicos e, como consequência, ocorre uma rápida diminuição na qualidade e durabilidade das flores. O balanço hídrico é visto como um fator decisivo na regulação e na longevidade dos órgãos das plantas, evidenciando que sua indisponibilidade para a planta ocasiona o aceleração do processo de senescência (GALATI *et al.*, 2021; NAGHILOO *et al.*, 2020)

As perdas pós-colheita de hastes de corte são um desafio frequente no setor da floricultura. As causas mais comuns de perdas estão na inadequada condução e manuseio de plantas, no uso de transportes não apropriados, na deterioração ocasionada por microrganismos, no uso inadequado de embalagens, em deficiências na infraestrutura de comercialização e na pouca exigência de uma qualidade mínima pelo consumidor (MENEGAES *et al.*, 2019). Na alstroemeria, o amarelecimento foliar antes da senescência das flores é a principal restrição que reduz o valor ornamental da cultura (BAZAZ; TEHRANIFAR, 2011). A alternativa mais utilizada para superar tais consequências é manter as hastes dispostas em solução conservante após a colheita (COSTA *et al.*, 2017).

2.4 Soluções conservantes pós-colheita

O uso de soluções conservantes para manter a qualidade e prolongar a vida das flores cortadas é amplamente adotado no tratamento pós-colheita. Essas soluções são preparadas com açúcares, ácidos orgânicos, inibidores da síntese ou ação do etileno e/ou bactericidas, imediatamente após a colheita ou após o armazenamento a frio de flores ou folhagens de corte (RAFDI *et al.*, 2018). No entanto, apesar de serem comumente estudadas e utilizadas, ainda existem muitas dúvidas em relação aos seus efeitos fisiológicos e bioquímicos na pós-colheita de alstroemerias. Algumas soluções conservantes apresentaram resultados satisfatórios em alstroemerias, tais como:

- i. *6-Benziladenina (BA)*: flores de alstroemeria tratadas com BA apresentaram um aumento significativo de 5 dias na vida de vaso em relação ao controle (KAVIYA *et al.*, 2021). As citocininas, como a 6-benziladenina, atuam como reguladores de crescimento, melhorando a qualidade das flores ao controlar o tamanho e uniformidade dos botões, além de estarem associadas à redução da taxa de perda de proteínas e RNA (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Elas inibem a degradação da clorofila, estabilizam a respiração, mantêm a integridade da membrana celular, retardam a peroxidação lipídica e diminuem o vazamento de íons (KAVIYA *et al.*, 2021).
- ii. *Tiosulfato de prata (STS)*: alguns estudos com hastes de alstroemeria tratadas com STS verificaram que a vida útil de vaso aumentou em 2,8 dias para a cultivar Rebecca (DOLE *et al.*, 2004) e em 2 dias para a cultivar Samora (WAGSTAFF *et al.*, 2005). O tiosulfato de prata tem sido amplamente utilizado como preservativo floral, tanto na forma de *pulsing* quanto na solução de vaso. O íon de prata bloqueia os efeitos danosos do etileno, reduzindo a abscisão, senescência e murchamento das flores. Além disso, é extremamente eficaz na prevenção do crescimento de bactérias e outros microrganismos nos tecidos da planta (SHOKALU *et al.*, 2021).
- iii. *Ácido giberélico (GA₃)*: aplicações de GA₃ efetivamente retardam a senescência foliar, melhoram o diâmetro do florete, o conteúdo relativo de água, a absorção de água e o conteúdo total de clorofila (KAVIYA *et al.*, 2021). Em pós-colheita, o GA₃ previne a quebra de proteínas, reduzindo a atividade das proteases, inibe a deterioração da clorofila, previne a clorose das folhas, preserva a fluidez da membrana celular e evita o extravasamento de eletrólitos, retardando o envelhecimento e prolongando a vida pós-colheita (AMIN *et al.*, 2022).

- iv. *Florissant 210XC*: é um produto com formulação comercial para o tratamento pós-colheita de alstroemeria. Age como inibidor do processo de senescência foliar, evitando o amarelecimento precoce, contribui para restaurar o balanço hormonal e garantir uma melhor coloração das flores e folhas (UFO SUPPLIES, 2023).
- v. *FloraLife Crystal Clear® Flower Food*: é um produto com formulação comercial em forma de pó à base de sulfato de alumínio e é recomendado como conservante em solução por floristas, atacadistas e distribuidores (FLORALIFE, 2023).

2.5 Processos fisiológicos e bioquímicos

A senescência das flores de corte compreende um conjunto de processos fisiológicos irreversíveis que as levam à morte, caracterizada pela degradação da clorofila, aumento da produção de etileno, diminuição da massa fresca, redução das reservas de açúcares, mudanças moleculares e bioquímicas (RICCARDI *et al.*, 2014), aumento do extravasamento de eletrólitos (LANGROUDI *et al.*, 2020), atividades enzimáticas (SIS *et al.*, 2012) e microbianas (LIU *et al.*, 2009). Contudo, para compreender os efeitos das soluções conservantes pré-determinadas na cultura da alstroemeria, durante os processos comerciais pós-colheita, as seguintes análises se destacam para este estudo.

2.5.1 Senescência

A senescência é um processo natural da fase terminal do desenvolvimento biológico dos vegetais. É uma resposta ao estresse e é induzida por uma combinação de fatores ambientais e internos, os quais controlam a ocasião e a severidade do processo. Como fatores ambientais podem ser citados deficiências nutricionais, luminosas e hídricas, temperaturas sub ou supra-ótimas, ataque de patógenos e ocorrência de ferimentos. Os fatores internos incluem idade, desenvolvimento reprodutivo e nível hormonal (VERMA; SINGH, 2021).

Na senescência ocorre a predominância dos efeitos degradativos, que resultarão na morte dos tecidos. É considerada como um evento degenerativo internamente programado, dada sua especificidade em termos de quando, onde e como ocorre (VERMA; SINGH, 2021). Não é um processo de envelhecimento passivo, embora progrida com a idade, é controlada por sinalizadores internos e externos, e pode ser retardada ou acelerada pela alteração desses sinalizadores. É um processo ativo, que consome energia e está sob o controle do núcleo celular (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os mecanismos que controlam a senescência são agrupados

em duas categorias: deficiência nutricional e programação genética, com indutores como o etileno e o ácido abscísico e inibidores, como as citocininas, poliaminas, auxinas, ácido giberélico e íons de cálcio (CHITARRA; CHITARRA, 2005; DAR *et al.*, 2021).

Dentre os tipos de senescência que ocorrem em plantas, podemos destacar a senescência foliar. O processo de senescência foliar envolve degradação de membranas, perda de estrutura, de organização, de solutos e da função da organela resultando na mobilização de nutrientes para as partes da planta em desenvolvimento. O sinal mais óbvio de senescência é a clorose foliar (amarelecimento) devido a destruição dos cloroplastos e em maior severidade leva à necrose (WOO *et al.*, 2019). No entanto, a senescência foliar provê vantagens em termos de adaptação das plantas ao habitat. A senescência progressiva das folhas mais velhas reflete o gasto mínimo de energia necessário para a manutenção destes tecidos e é vantajoso para a planta só manter folhas enquanto elas contribuírem para a sua sobrevivência (WOO *et al.*, 2019). Em flores, as principais alterações sensoriais que ocorrem durante a senescência estão relacionadas a textura, aparência e odor. Essas alterações podem ser percebidas por análises físicas, químicas, bioquímicas ou sensoriais (MA *et al.*, 2018; DAR *et al.*, 2021).

O processo de senescência limita o rendimento das culturas e contribui para as perdas pós-colheita. Em alstroemerias, a vida útil de vaso é definida até amarelecimento de 50% das folhas ou da queda/senescência de 50% das flores, reconhecidas por perda de turgor seguida de murchamento das pétalas (FERRANTE *et al.*, 2002). Entender os mecanismos e os fatores que influenciam a senescência é importante para otimizar a durabilidade das flores, especialmente em cultivos comerciais, onde a estética e a longevidade são fatores-chave.

2.5.2 Degradação de clorofila

A senescência é acompanhada pela perda e degradação da clorofila. No processo de senescência, há aumento da permeabilidade da membrana celular que leva a maior perda de água da planta, estimulando a degradação da clorofila. Isso impacta a redução da fotossíntese e acelera os sintomas de amarelecimento foliar (FERRANTE *et al.*, 2002; NAGHILOO *et al.*, 2020). A presença de clorofila nos tecidos vegetais sinaliza que as células estão ativas, e compostos de açúcares são sintetizados por elas. Esses compostos de açúcares aceleram a senescência ajustando a respiração celular e a pressão osmótica (GÓMEZ-MERINO *et al.*, 2020). A sensibilidade ao etileno também é uma razão para a perda de clorofila nas folhas, causando o transporte e redução da clorofila e aumentando a taxa de senescência dos tecidos vegetais. As etapas comerciais pós-colheita de armazenamento ou transporte também propiciam

o amarelecimento foliar por manterem as plantas no escuro por um longo tempo (FERRANTE *et al.*, 2002).

2.5.3 Produção de etileno

O etileno é um hormônio gasoso vegetal produzido como resposta a algum fator estressante, especialmente nos processos de envelhecimento e amadurecimento. Tem efeitos marcantes sobre a indução à senescência, abscisão e murchamento das flores, amarelecimento foliar, especialmente em plantas que possuem sensibilidade ao hormônio (SHIBUYA, 2018). O conhecimento do mecanismo de ação do etileno tem permitido a geração de diferentes tecnologias e procedimentos para reduzir seus efeitos negativos, incluindo refrigeração, uso de atmosferas modificadas, aplicação de cálcio, mas foi visto que as soluções conservantes se mostraram mais eficientes no controle do hormônio, elevando a longevidade pós-colheita de flores, frutos e vegetais, mantendo-os frescos por mais tempo (BALAGUERA-LÓPEZ *et al.*, 2014). As alstroemerias são altamente sensíveis ao etileno; a exposição a concentrações relativamente baixas do hormônio por um curto período de tempo é suficiente para encurtar a qualidade e vida das flores (CHANASUT *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2005).

2.5.4 Extravasamento de eletrólitos

O extravasamento de eletrólitos é utilizado para estimar a alteração da permeabilidade da membrana em resposta a estresses ambientais, déficit hídrico, crescimento, desenvolvimento e variação genotípica, indicando o processo de senescência (AMIN *et al.*, 2022). A preservação da integridade da parede celular reduz o extravasamento de eletrólitos e estende a longevidade de flores de corte como alstroemeria (KABARI; SOLIMANDARABI, 2019).

2.5.5 Conteúdo relativo de água

O conteúdo relativo de água é provavelmente a medida mais apropriada do estado hídrico das plantas em termos das consequências fisiológicas do déficit hídrico celular. O estresse hídrico é uma diminuição do potencial hídrico, de modo que as plantas reduzem seu potencial osmótico de absorção de água pelo congestionamento de carboidratos solúveis e prolina e, em outras palavras, é realizada a regulação osmótica (GALATI *et al.*, 2021). Em flores, o conteúdo relativo de água pode afetar sua cor e textura, pois flores com maiores teores

de água tendem a ser mais vibrantes e com textura macia. Em maior déficit hídrico, há perda de vigor, dificulta a absorção e transporte de nutrientes, altera o metabolismo e prejudica os processos vitais de crescimento celular (WOLTERING; PAILLART, 2018).

2.5.6 Massa fresca relativa

A determinação da massa fresca relativa pode auxiliar na identificação de quaisquer problemas com a absorção de água e nutrientes, permitindo medir o crescimento e desenvolvimento das hastes. Pode ser usado para determinar quais espécies são mais adaptadas a determinadas condições de estresse e ajuda a monitorar a qualidade das flores ao longo do tempo (LANGROUDI *et al.*, 2020).

2.5.7 Avaliações bioquímicas

A senescência é o resultado da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e processos oxidativos nos tecidos vegetais. Esse processo é acelerado nos tecidos vegetais, pois radicais reativos de oxigênio são produzidos continuamente e em alta taxa, como o radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), hidroxila ($\cdot OH$), oxigênio singlete (1O_2), hidroperóxidos lipídicos, ou espécies relacionadas acumulam nos tecidos vegetais (ANVARI *et al.*, 2022). Quando elevadas, as EROs podem danificar proteínas e lipídeos, levando à perda de integridade e funcionalidade das membranas, acelerando os sintomas de senescência (SIS *et al.*, 2012; ANVARI *et al.*, 2022). Um dos mecanismos que a célula dispõe para dismutar radicais livres produzidos é a ativação de enzimas antioxidantes, tais como a superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) que suprimem e controlam a atividade de radicais reativos durante a senescência (CECHIN *et al.*, 2015). Os antioxidantes retardam a senescência e o murchamento das flores, suprimindo as EROs e aliviando os danos causados pelo estresse oxidativo (LIU; HUANG, 2002; CECHIN *et al.*, 2015).

2.5.7.1 Superóxido dismutase (SOD – EC 1.11.1.6)

Esta enzima converte o oxigênio prejudicial em peróxido de hidrogênio menos reativo, catalisando a dismutação do superóxido em oxigênio e peróxido de hidrogênio. O aumento da sua atividade está relacionado à defesa das plantas, sendo relatado em aplicações de reguladores vegetais, estresses (seca, adubação, agroquímicos etc.) dentre outros. A enzima aumenta a tolerância ao estresse e provavelmente é uma das principais enzimas que regulam as respostas e a aclimação aos estresses ambientais (UNESP, 2017).

2.5.7.2 Peroxidase (POD – EC 1.11.1.7)

A enzima é uma das responsáveis pela oxidação de substratos orgânicos, pertencendo ao grupo das enzimas oxirredutases. É capaz de catalisar a transferência do hidrogênio de um doador para o H_2O_2 . Em plantas, esse grupo de enzimas age como uma proteção antioxidativa, portanto, é ativada ligeiramente após qualquer ataque danoso à planta no campo e/ou pós-colheita. A determinação da atividade dessa enzima tem grande importância, uma vez que a continuidade da atividade enzimática pode ocasionar mudança na cor, variações de aroma, alterações no teor de vitaminas e até modificações na textura. Geralmente, essa enzima é conhecida como enzima do escurecimento enzimático (UNESP, 2017).

2.5.7.3 Catalase (CAT – EC 1.11.1.6)

A enzima está presente na maioria das células aeróbicas, sendo indispensável para a desintoxicação das células das plantas em condições de estresses (bióticos e/ou abióticos). É responsável pela dismutação direta de H_2O_2 em H_2O e O_2 , reduzindo o conteúdo de H_2O_2 . A enzima é a principal via de degradação de H_2O_2 e, portanto, a inibição da atividade da catalase resulta na ativação da resistência sistêmica adquirida nas plantas. A enzima proporciona aumento na tolerância ao estresse, passando a ajudar na regulação das respostas e aclimação aos estresses ambientais (UNESP, 2017).

2.5.7.4 Ascorbato Peroxidase (APX - EC 1.11.1.11)

É a principal enzima do metabolismo antioxidante em organismos fotossintetizantes, catalisando a decomposição de H_2O_2 em água, utilizando o ácido ascórbico (AsA) como doador de elétrons (CAVERZAN *et al.*, 2012). Apresenta um papel central nas respostas a diferentes estresses ambientais, que se manifestam como resposta primária, a geração de espécies reativas de oxigênio (FOYER; NOCTOR, 2005).

2.5.7.5 Peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que, em solução aquosa é conhecido como água oxigenada, é uma das espécies reativas de oxigênio mais importantes e é produzido naturalmente em plantas e animais como um subproduto do metabolismo celular. É continuamente gerado a partir de reações de transporte de elétrons tanto nas mitocôndrias quanto nos cloroplastos (NEILL *et al.*, 2002).

O H_2O_2 pode atuar como uma molécula sinalizadora com múltiplas funções em plantas devido à sua estabilidade relativamente alta e longa meia-vida (DELLEDONNE *et al.*, 2001; LIAO *et al.*, 2011). Está envolvido na resposta da planta a vários estresses ambientais, como salinidade (ZHANG *et al.*, 2007), seca (LUNA *et al.*, 2005), estresse térmico (UCHIDA *et al.*, 2002), ozônio (RAO; DAVIS, 2001), radiação ultravioleta (RAI *et al.*, 2021), doenças (DELLEDONNE *et al.*, 2001) e ferimentos mecânicos (ŠTOLFA *et al.*, 2019). Além disso, o H_2O_2 medeia o crescimento da planta e influencia vários processos de desenvolvimento, incluindo morte celular programada (FATH *et al.*, 2001), senescência (HUNG *et al.*, 2006), floração e muitos outros (POTOCKÝ *et al.*, 2007).

No entanto, o H_2O_2 causa estresse oxidativo e toxidez em altas concentrações nas plantas, causando danos às membranas celulares e às estruturas internas (NEILL *et al.*, 2002). Em flores de corte, o H_2O_2 é produzido como parte do processo natural de envelhecimento das flores. À medida que as flores envelhecem, produzem mais peróxido de hidrogênio, o que pode levar à peroxidação lipídica, um processo no qual os lipídios nas membranas celulares são oxidados e danificados (RAI *et al.*, 2021).

2.5.7.6 Peroxidação lipídica

A peroxidação lipídica é um processo de degradação dos lipídios das membranas celulares que ocorre devido à ação de radicais livres. O aumento da permeabilidade da membrana é um atributo característico dos tecidos vegetais senescentes. A perda da integridade da membrana é uma fase irreversível da senescência, está intimamente relacionada com modificações dos lipídios principalmente devido à peroxidação. Em plantas de corte, a peroxidação lipídica é um problema significativo, pois pode causar danos e levar à morte celular e, conseqüentemente, à deterioração da qualidade da haste (SU *et al.*, 2019).

REFERÊNCIAS

- AMIN, M.; NADERI, R.; SEDAGHATHOOR, S.; KALATEHJARI, S. Pre and post-harvest effect of gibberellic acid and salicylic acid on cut branches of *Asparagus umbellatus*. **Ornamental Horticulture**, v. 28, n. 3, p. 323-331, 2022.
- ANVARI, M.; HASHEMABADI, D.; ASADPOUR, L.; KAVIANI, B. Effect of blue light and nanosilver on vase life, antioxidant enzymes and some other physiologic parameters of *Alstroemeria* ‘Napoli’ cut flowers. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 21, n. 5, p. 111-122, 2022.
- AROS, D.; SUAZO, M.; RIVAS, C.; ZAPATA, P.; ÚBEDA, C.; BRIDGEN, M. Molecular and morphological characterization of new interspecific hybrids of alstroemeria originated from *A. caryophylleae* scented lines. **Euphytica**, v. 215, p. 93, 2019.
- AROS, D.; VÁSQUEZ, M.; RIVAS, C.; PRAT, M.L. An efficient method for in vitro propagation of *Alstroemeria pallida* Graham rhizomes. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 77, n. 1, p. 95-99, 2017.
- ASSIS, M.C. Novas espécies de *Alstroemeria* L. (Alstroemeriaceae) de Minas Gerais, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, p. 177-182, 2002.
- BALAGUERA-LÓPEZ, H.; SALAMANCA-GUTIÉRREZ, F.A.; CAMILO-GARCÍA, J.; HERRERA-ARÉVALO, A. Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 8, n. 2, p. 302-313, 2014.
- BAZAZ, A.M.; TEHRANIFAR, A. Effect of ethanol, methanol and essential oils as novel agents to improve vase-life of *Alstroemeria* flowers. **Journal of Biological and Environmental Sciences**, v. 4, n. 5, p. 41-46, 2011.
- CAVERZAN, A.; PASSAIA, G.; ROSA, S. B.; RIBEIRO, C. W.; LAZZAROTTO, F.; MARGIS-PINHEIRO, M. Plant responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection. **Genetics and Molecular Biology**, v. 35, p. 1011-1019, 2012.
- CECHIN, I.; CARDOSO, G.S.; FUMIS, T.D.F.; CORNIANI, N. Nitric oxide reduces oxidative damage induced by water stress in sunflower plants. **Bragantia**, v. 74, p. 200-206, 2015.
- CHANASUT, U.; ROGERS, H.J.; LEVERENTZ, M.K.; GRIFFITHS, G.; THOMAS, B.; WAGSTAFF, C.; STEAD, A.D. Increasing flower longevity in *Alstroemeria*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, n. 3, p. 325-333, 2003.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e amp. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- COSTA, L.C.D.; ARAÚJO, F.F.D.; SANTOS, M.N.D.S.; LIMA, P.C.C.; PEREIRA, A.M.; FINGER, F.L. Vida de vaso e capacidade de reidratação de flores de gladiolo armazenadas a seco em baixa temperatura. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. 1-6, 2017.

DAR, R.A.; NISAR, S.; TAHIR, I. Ethylene: a key player in ethylene sensitive flower senescence: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 290, p.110491, 2021.

DELLEDONNE, M.; ZEIER, J.; MAROCCO, A.; LAMB, C. Signal interactions between nitric oxide and reactive oxygen intermediates in the plant hypersensitive disease resistance response. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 23, p. 13454-13459, 2001.

DOLE, J.M.; FONTENO, W.C.; BLANKENSHIP, S.L. Comparison of silver thiosulfate with 1-methylcyclopropene on 19 cut flower taxa. **Acta Horticulturae 682: V International Postharvest Symposium**, p. 249-256, 2004.

FATH, A.; BETHKE, P.C.; JONES, R.L. Enzymes that scavenge reactive oxygen species are down-regulated prior to gibberellic acid-induced programmed cell death in barley aleurone. **Plant Physiology**, v. 126, n. 1, p. 156-166, 2001.

FERRANTE, A.; HUNTER, D.A.; HACKETT, W.P.; REID, M.S. Thidiazuron-a potent inhibitor of leaf senescence in alstroemeria. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 3, p. 333-338, 2002.

FLORALIFE. FloraLife® Postharvest Products. **Experts in Flower Care. FloraLife Crystal Clear® Flower Food**, 2023. Disponível em: <https://floralife.com/product/floralife-flower-food-300-packets/>. Acesso em: 09 out 2023.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. **The Plant Cell**, v. 17, n. 7, p. 1866-1875, 2005.

GALATI, V.C.; MUNIZ, A.C.C.; GUIMARÃES, J.E.R.; INESTROZA-LIZARDO, C.O.; MATTIUZ, C. M. F.; MATTIUZ, B. H. Postharvest conservation of alstroemeria 'ajax' using 1-methylcyclopropene. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 2, p. 181-190, 2017.

GALATI, V.C.; MUNIZ, A.C.C.; GUIMARÃES, J.E.R.; MATTIUZ, C.M.F.; MATTIUZ, B. H. Conservation of Alstroemeria cut flowers stored under refrigeration. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 43, 2021.

GIRARDI, L.B.; NEU, J.; MAZZANTI, A.M.; DA SILVA, L.O.; RODRIGUES, M.A. Longevidade pós-colheita de alstroemeria x híbrida em diferentes ambientes de preservação. **Brazilian Journal of Agriculture - Revista de Agricultura**, v. 90, n. 3, p. 284-292, 2015.

GÓMEZ-MERINO, F.C.; RAMÍREZ-MARTÍNEZ, M.; CASTILLO-GONZÁLEZ, A.M.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Lanthanum prolongs vase life of cut tulip flowers by increasing water consumption and concentrations of sugars, proteins and chlorophylls. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020.

HATAMZADEH, A.; REZVANYPOUR, S.; ASIL, M.H. Effects of temperature and different pulsing on postharvest quality of cut Alstroemeria flowers. **Progressive Horticulture**, v. 44, n. 2, p. 237-241, 2012.

HUNG, K.T.; HSU, Y.T.; KAO, C.H. Hydrogen peroxide is involved in methyl jasmonate-induced senescence of rice leaves. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n. 2, p. 293-303, 2006.

IBRAFLO. Instituto Brasileiro de Floricultura. **O mercado de flores no Brasil**. 2021. Disponível em: https://354d6537-ca5e-4df4-8c1b-3fa4f2dbe678.filesusr.com/ugd/b3d028_e002f96eeb81495ea3e08362b49881a3.pdf. Acesso em: 09 out. 2023.

IBRAFLO. Instituto Brasileiro de Floricultura. **Padrão de qualidade: critérios de classificação**. 2022. Disponível em: <https://www.ibraflor.com.br/padraodequalidade>. Acesso em: 09 out. 2023.

JOWKAR, M.M. Effects of chlorination and acidification on postharvest physiological properties of alstroemeria, cv. 'Vanilla' and on microbial contamination of vase solution. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 56, n. 4, p. 478-486, 2015.

KABARI, S.F.M.; SOLIMANDARABI, M.J. Improving alstroemeria vase life by plant extracts and 8-hydroxyquinoline sulfate. **Journal of Ornamental Plants**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019.

KAUSHAL, S.; DILTA, B.S.; GUPTA, Y.C.; KUMAR, P.; SPEHIA, R.S.; GUPTA, R.K. Effect of drip irrigation levels on growth and flowering of alstroemeria (*Alstroemeria hybrida* L.). **International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. 1, p. 765-769, 2019. Disponível em: <https://www.chemijournal.com/archives/2019/vol7issue1/PartN/6-3-523-288.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.

KAVIYA, S.S.; LOURDUSAMY, M.G.K.; VINCENT, S. Influence of pre-harvest sprays on flower quality and vase life of alstroemeria. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 10, p. 429-433, 2021.

KIASEH, D.Y.; HASHEMABADI, D.; KAVIANI, B. Proline and Arginine Improves the Vase Life of Cut Alstroemeria 'Mars' Flowers by Regulating Some Postharvest Physiochemical Parameters. **Journal of Ornamental Plants**, v. 11, n. 3, p. 165-183, 2021. Disponível em: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22516433.2021.11.3.2.3>. Acesso em: 10 out. 2023.

KONST ALSTROEMERIA. **Growing information alstroemeria cut flower**. 2019. Disponível em: <https://www.alstroemeria.com/sites/default/files/Growing%20Information%20Alstroemeria%20Cut%20Flower.pdf>. Acesso em: 09 out. 2023.

LANGROUDI, M.E.; HASHEMABADI, D.; KALATEJARI, S.; ASADPOUR, L. Effects of pre- and postharvest applications of salicylic acid on the vase life of cut alstroemeria flowers (*Alstroemeria hybrida*). **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, v. 3, n. 1, p. 115-124, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22077/jhpr.2019.2409.1053>. Acesso em: 10 out. 2023.

- LIAO, W. B.; HUANG, G. B.; YU, J. H.; ZHANG, M. L.; SHI, X. L. Nitric oxide and hydrogen peroxide are involved in indole-3-butyric acid-induced adventitious root development in marigold. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 86, n. 2, p. 159-165, 2011.
- LIU, J.; HE, S.; ZHANG, Z.; CAO, J.; LV, P.; CHENG, G.; JOYCE, D.C. Nano-silver pulse treatments inhibit stem-end bacteria on cut gerbera cv. Ruikou flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 54, n. 1, p. 59-62, 2009.
- LIU, X.; HUANG, B. Cytokinin effects on creeping bentgrass response to heat stress: II. Leaf senescence and antioxidant metabolism. **Crop Science**, v. 42, n. 2, p. 466-472, 2002.
- LUNA, C.M.; PASTORI, G.M.; DRISCOLL, S.; GROTEN, K.; BERNARD, S.; FOYER, C. H. Drought controls on H₂O₂ accumulation, catalase (CAT) activity and CAT gene expression in wheat. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 411, p. 417-423, 2005.
- MA, N.; MA, C.; LIU, Y.; SHAHID, M.O.; WANG, C.; GAO, J. Petal senescence: a hormone view. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 4, p. 719-732, 2018.
- MATAK, S.A.; KAVIANI, B.; HASHEMABADI, D. Changes in postharvest physio-biochemical characteristics and antioxidant enzymes activity of cut *Alstroemeria aurantiaca* flower as affected by cycloheximide, coconut water and 6-benzyladenine. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 2, p. 321-332, 2017.
- MENEGAES, J.F.; NUNES, U.R.; BELLÉ, R.A.; BACKES, F.A.A.L. Post-harvesting of cut flowers and ornamental plants. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 18, n. 4, p. 313-323, 2019.
- NAGHILOO, S.; SOLEIMANI, A.; RABIEI, V.; KHALIGHI, A.; HARKINEZHAD, M.T. Screening eight cultivars of alstroemeria cut flower for vase life and biochemical traits. **Journal of Ornamental Plants**, v. 10, n. 2, p. 89-98, 2020. Disponível em: http://jornamental.iaurasht.ac.ir/article_672864_bdc11e45d85ff2acb4f261b50e656028.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.
- NAING, A.H.E.; KIM, C.K. Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 270, p. 109463, 2020.
- NASIRI, A.; AHMADI, N.; MOVAHED, G. Effects of 1MCP and ethylene on preservation of quality and vase life of alstroemeria (cvs. Hercules and Mayfair) cut flowers. **Advances in Horticultural Science**, v. 34, p. 89-96, 2020.
- NEILL, S.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide signalling. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 5, n. 5, p.388-395, 2002.
- NIRMALA, A.; VIJAYALAKSHMI, M.; KUMARI, J.A. Packaging materials and storage temperatures on Shelf life of flower crops: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v.12, n.7, p.1096-1099, 2023. Disponível em <https://www.thepharmajournal.com/archives/2023/vol12issue7S/PartM/S-12-7-115-299.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.

OLIVEIRA, C.B.; NASCIMENTO, T.R.; SILVA, R.G.R.; LOPES, I.C. A cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no Brasil: uma revisão sobre o segmento. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v.6, n.2, p.180-200, 2021. Disponível em: <http://relise.eco.br/index.php/relise/article/view/461/515>. Acesso em: 10 out. 2023.

PAIVA, P.D.O.; ALMEIDA, E.F. **Produção de flores de corte**. Lavras, MG: UFLA, 2014. V. 2. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4831>. Acesso em: 10 out. 2023.

PINTOS, F.; NICO, A.; RODONI, L.; CIEZA, R.; HASPERUÉ, J. Postharvest illumination of alstroemeria: Effect of light quality on flower metabolism and shelf life. **Postharvest Biology and Technology**, v. 201, p. 112346, 2023.

POTOCKÝ, M.; JONES, M.A.; BEZVODA, R.; SMIRNOFF, N.; ŽÁRSKÝ, V. Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase are involved in pollen tube growth. **New Phytologist**, v. 174, n. 4, p. 742-751, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02042.x>. Acesso em: 13 out. 2023.

RAFEDI, H.H.M.; JOYCE, D.C.; IRVING, D.E.; GANTAIT, S.S. Citric acid, sucrose and Cu^{2+} as potential vase treatments for cut *Acacia holosericea* G. Don foliage stems. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 93, n. 1, p. 73-80, 2018.

RAI, N.; MORALES, L.O.; APHALO, P.J. Perception of solar UV radiation by plants: photoreceptors and mechanisms. **Plant Physiology**, v. 186, n. 3, p. 1382-1396, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab162>. Acesso em: 13 out. 2023.

RAO, M.V.; DAVIS, K.R. The physiology of ozone induced cell death. **Planta**, v. 213, n. 5, p. 682-690, 2001.

REIJERS. **Dedicação e competência: buscando sempre qualidade e inovação**. 2023. Disponível em: <http://www.reijers.com.br>. Acesso em: 09 out. 2023.

RICCARDI, M.; MELE, G.; PULVENTO, C.; LAVINI, A.; D'ANDRIA, R.; JACOBSEN, S. E. Non-destructive evaluation of chlorophyll content in quinoa and amaranth leaves by simple and multiple regression analysis of RGB image components. **Photosynthesis Research**, v. 120, n. 3, p. 263-272, 2014.

SALES, T.S.; PAIVA, P.D.O.; MANFREDINI, G.M.; NASCIMENTO, A.M.P.; REIS, M.V. Water relations in cut calla lily flowers maintained under different postharvest solution. **Ornamental Horticulture**, v. 27, n. 2, p. 126-136, 2021.

SANTOS, V.R.D.; FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G.; BARROS, R.S. Influência do etileno e do 1-MCP na senescência e longevidade das inflorescências de esporinha. **Bragantia**, v. 64, p. 33-38, 2005.

SENAPATI, A.K.; RAJ, D.; JAIN, R.; PATEL, N.L. Advances in packaging and storage of flowers. **Commercial Horticulture**, v. 34, p. 473-488, 2016.

SHIBUYA, K. Molecular aspects of flower senescence and strategies to improve flower longevity. **Breeding Science**, v. 68, n. 1, p. 99-108, 2018.

SHOKALU, A.O.; ISRAEL, J.; MOSUNMOLA, O.; ENIOLA, O.; GIFT, E.; ADEBAYO, A.; HENRY, A. Aloe vera and STS solution on microbial population and vase life of Heliconia cut flowers. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 470-475, 2021.

SIS, S.A.; MOSTOFI, Y.; BOOJAR, M.M.A; KHALIGHI, A. Effect of nitric oxide on ethylene biosynthesis and antioxidant enzymes on Iranian peach (*Prunus persica* cv. Anjiri). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 10, p. 125-129, 2012.

ŠTOLFA, Č.I.; ŠPOLJARIĆ, M.D.; ŽUNA, P. ; BEK, N.; LONČARIĆ, Z. Nitric oxide and hydrogen peroxide in plant response to biotic stress. **Nitric Oxide and Hydrogen Peroxide Signaling in Higher Plants**, p. 221-243, 2019.

SU, J.; NIE, Y.; ZHAO, G.; CHENG, D.; WANG, R.; CHEN, J.; ZHANG, S.; SHEN, W. Endogenous hydrogen gas delays petal senescence and extends the vase life of lisianthus cut flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 147, p. 148-155, 2019.

TERRA, S.B; ZÜGE, D.P.P. O. Floricultura: a produção de flores como uma nova alternativa de emprego e renda para a comunidade de Bagé-RS. **Revista Conexão UEPG**, v. 9, n .2, p. 342-353, 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=514151730017>. Acesso em: 15 out. 2023.

THAKUR, N. A review on the effect of storage methods and packaging material on the post-harvest longevity of cut flowers. **International Journal of Chemical Studies**, v. 8, n. 3, p. 2375-2379, 2020.

TOMBOLATO, A.F.C. **Cultivo Comercial de Plantas Ornamentais**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico, 2004. 211 p.

TOSCANO, S.; TRIVELLINI, A.; FERRANTE, A.; ROMANO, D. Physiological mechanisms for delaying the leaf yellowing of potted geranium plants. **Scientia Horticulturae**, v.242, p.146-154, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.07.030>

UCHIDA, A.; JAGENDORF, A. T.; HIBINO, T.; TAKABE, T.; TAKABE, T. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. **Plant Science**, v. 163, n. 3, p. 515-523, 2002.

UFO SUPPLIES. **Florissant 210XC**. 2023. Disponível em: <https://ufosupplies.nl/product/florissant-210xc/>. Acesso em: 09 out. 2023.

UNESP. Universidade Estadual Paulista. **Análises Químicas e Bioquímicas em vegetais**. São Paulo: Universidade Federal Paulista - Instituto de Biociências, Departamento de Química e Bioquímica, 2017.

VÄRE, H. Anders Dahl (1751–1789) – **Demonstrator in Botany at old Åbo Akademi**. **Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica**, v. 91, 2015. Disponível em: <https://journal.fi/msff/article/view/53558>. Acesso em: 9 out. 2023.

VERMA, J.; SINGH, P. Post-harvest handling and senescence in flower crops: An overview. **Agricultural Reviews**, v. 42, n. 2, p. 145-155, 2021.

VIDAL, A.M.R.K.; ARAÚJO, J.B.C.N.; GASPAR, R.D.O.; JOAQUIM, M.S.; SOUZA, A. N.D. Perfil socioeconômico do produtor de flores e plantas ornamentais do Distrito Federal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, 2021.

WAGSTAFF, C.; CHANASUT, U.; HARREN, F.J.; LAARHOVEN, L J.; THOMAS, B.; ROGERS, H.J.; STEAD, A.D. Ethylene and flower longevity in alstroemeria: relationship between tepal senescence, abscission and ethylene biosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 413, p. 1007-1016, 2005.

WEERARATNE, T.P.; DAUNDASEKERA, W.A.M.; WIJESUNDARA, D.S.A. Field survey of postharvest handling of cut flowers produced in the Up country of Sri Lanka for the local market. **Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)**, v. 41, n. 1, 2012.

WOLTERING, E.J.; PAILLART, M.J. Effect of cold storage on stomatal functionality, water relations and flower performance in cut roses. **Postharvest Biology and Technology**, v. 136, p. 66-73, 2018.

WOO, H.R.; KIM, H.J.; LIM, P.O.; NAM, H.G. Leaf senescence: systems and dynamics aspects. **Annual Review of Plant Biology**, v. 70, p. 347-376, 2019.

ZHANG, F.; WANG, Y.P.; YANG, Y.L.; WU, H.; WANG, D.; LIU, J.Q. Involvement of hydrogen peroxide and nitric oxide in salt resistance in the calluses from *Populus euphratica*. **Plant, Cell & Environment**, v. 30, n. 7, p. 775-785, 2007.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO*

ARTIGO 1 SOLUÇÕES CONSERVANTES E FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA DE *ALSTROEMERIA HYBRIDA* CV. AKEMI

RESUMO

A maior limitação em pós-colheita e comercialização da alstroemeria é o amarelecimento precoce das folhas em relação à perda de qualidade das flores, o que antecipa a perda do valor ornamental. O uso de soluções conservantes pós-colheita tem sido um dos principais recursos aplicados para evitar este problema, mas ainda sem um produto encontrado de grande eficiência. À vista disso, objetivou-se analisar os efeitos fisiológicos e realizar estudos bioquímicos sobre as soluções conservantes pós-colheita para a manutenção de hastes florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi. Para o experimento, hastes de alstroemeria foram colhidas, higienizadas, padronizadas e dispostas em solução conservante. Foram testadas cinco soluções: 6-benziladenina (200 mg L^{-1}), *FloraLife Crystal Clear*® (10 g L^{-1}), Florissant 210XC ($0,05 \text{ mL L}^{-1}$) com cloro ($0,03 \text{ g L}^{-1}$), ácido giberélico ($0,1 \text{ mM}$) e tiossulfato de prata (2 mM em *pulsing*) até o final da vida útil das hastes. Avaliou-se a temperatura, pH e condutividade elétrica das soluções; vida de vaso, massa fresca relativa e produção de etileno das hastes florais; teor de clorofila, conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos das folhas; atividade enzimática da catalase, superóxido dismutase, peroxidase e ascorbato peroxidase das flores; quantificação do peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica das flores. Hastes florais dispostas em ácido giberélico, Florissant 210XC com cloro e tiossulfato de prata promoveram maior durabilidade pós-colheita. O ácido giberélico e o Florissant 210XC com cloro foram eficazes em retardar o amarelecimento foliar, enquanto o tiossulfato de prata preveniu a abscisão do perianto. Houve pouca variação na massa fresca relativa, teor de clorofila, conteúdo relativo de água e produção de etileno durante as etapas de colheita, armazenamento e transporte. Contrariamente, na etapa de comercialização houve maior variação. As enzimas CAT, POD, SOD e APX reduziram o acúmulo de H_2O_2 e tiveram maior atividade na colheita e comercialização. Não houve diferença quanto à temperatura e condutividade elétrica das soluções conservantes. O *FloraLife Crystal Clear*® com pH ácido apresentou uma menor durabilidade de vaso.

Palavras-chave: Amarelecimento. Folhas. Qualidade. Durabilidade. Bioquímica.

CONSERVATIVE SOLUTIONS AND POSTHARVEST PHYSIOLOGY OF *ALSTROEMERIA HYBRIDA* CV. AKEMI

ABSTRACT

The primary challenge in the post-harvest and commercialization of alstroemeria is the premature yellowing of leaves, which correlates with the deterioration in flower quality, leading to a decline in ornamental value. The utilization of conservative post-harvest solutions has been a major strategy employed to mitigate this issue, albeit without a highly efficient solution thus far. In light of this, the objective was to analyze the physiological effects and conduct biochemical studies on post-harvest conservative solutions for maintaining floral stems of *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi. For the experiment, alstroemeria samples were collected, sanitized, standardized and immersed in conservative solutions. Five solutions were tested: 6-

benzyladenine (200 mg L⁻¹), FloraLife Crystal Clear® (10 g L⁻¹), Florissant 210XC (0.05 mL L⁻¹) with chlorine (0.03 g L⁻¹), gibberellic acid (0.1 mM) and silver thiosulfate (2 mM in pulsating) until the end of the stems' useful life. Parameters such as temperature, pH and electrical conductivity of the solutions; vase life, relative fresh mass and ethylene production of floral stems; chlorophyll content, relative water content and electrolyte leakage from leaves; enzymatic activity of catalase, superoxide dismutase, peroxidase and ascorbate peroxidase of flowers; quantification of hydrogen peroxide and lipid peroxidation of flowers. Floral stems treated with gibberellic acid, Florissant 210XC with chlorine, and silver thiosulfate showed greater post-harvest durability. Gibberellic acid and Florissant 210XC with chlorine effectively delayed leaf yellowing, while silver thiosulfate prevented perianth abscission. There was minimal variation in relative fresh mass, chlorophyll content, relative water content and ethylene production during the harvest, storage and transport stages. However, significant variation was observed during the commercialization stage. Enzymes CAT, POD, SOD and APX reduced H₂O₂ accumulation and exhibited greater activity during harvesting and marketing. No significant differences were noted in the temperature and electrical conductivity of the conservative solutions. FloraLife Crystal Clear®, with na acidic pH, demonstrated a shorter vase life.

Keywords: Yellowing. Leaves. Quality. Durability. Biochemical.

1 INTRODUÇÃO

As flores de corte necessitam de manejo adequado para as práticas pós-colheita com o objetivo de estender a vida de vaso e manter a qualidade. A alstroemeria (*Alstroemeria hybrida* L.) é uma das flores de corte mais importantes no mercado mundial e a segunda mais comercializada no Brasil, de acordo com o IBRAFLOR (2021). O maior problema da pós-colheita e comercialização da alstroemeria é o rápido amarelecimento das folhas, antes da senescência das flores, o que antecipa a perda do valor ornamental (BAZAZ; TEHRANIFAR, 2011; JOWKAR, 2015; PINTOS *et al.*, 2023). O amarelecimento foliar pode ser causado por vários fatores, incluindo estresse hídrico, deficiência de nutrientes, condições de armazenamento, doenças, pragas, herbicidas, frio excessivo e especialmente a sensibilidade da espécie ao etileno, podendo causar senescência precoce nas hastes florais (TOSCANO *et al.*, 2018).

A senescência das flores de corte compreende um conjunto de processos fisiológicos irreversíveis que levam à morte. É caracterizada pela diminuição da massa fresca e das reservas de açúcares, aumento da produção de etileno, mudanças moleculares, ativação de enzimas, produção de espécies reativas de oxigênio, degradação da clorofila (NAGHILOO *et al.*, 2020; NASIRI *et al.*, 2020), extravasamento de eletrólitos, entre outros (LANGROUDI *et al.*, 2020).

Por essas razões, soluções conservantes são utilizadas para promover o desaceleramento dos efeitos causados pela senescência durante a pós-colheita.

A eficiência de algumas soluções conservantes na durabilidade pós-colheita de alstroemerias já foi testada, sendo identificadas, entre as mais relevantes: 6-benziladenina (MATAK *et al.*, 2017), ácido giberélico (YEAT *et al.*, 2012; KAVIYA *et al.*, 2021), tiosulfato de prata (CHANASUT *et al.*, 2003; MONYA *et al.*, 2021), Florissant 210XC (solução comercial específica para alstroemerias) e o conservante comercial *FloraLife Crystal Clear*® (FLORALIFE, 2023).

Essas soluções, no geral, têm ação reguladora de crescimento e na melhoria da qualidade das flores de corte, têm sido associadas à redução da taxa de perda de proteínas e de RNA (CHITARRA; CHITARRA, 2005; PAL, 2019), na inibição da degradação da clorofila, estabilização da respiração, manutenção da fluidez da membrana celular, na ativação de enzimas, no retardo da peroxidação lipídica e na diminuição do extravasamento de íons (KAVIYA *et al.*, 2021; AMIN *et al.*, 2022). Além disso, previnem o crescimento de microrganismos nos tecidos da planta e regulam a produção de etileno, reduzindo a abscisão, senescência e murchamento das flores (SHOKALU *et al.*, 2021).

Diante do exposto, objetivou-se analisar os efeitos fisiológicos e estudos bioquímicos de diferentes soluções conservantes pós-colheita na manutenção de hastes florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e material vegetativo

As hastes florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi foram cedidas para este estudo pelo Grupo Reijers na cidade de Itapeva, Minas Gerais, Brasil. Após a colheita, as hastes foram transferidas para o laboratório de pós-colheita do setor de Plantas Ornamentais da Universidade Federal de Lavras, localizado em Lavras, Minas Gerais, Brasil.

2.2 Procedimentos e tratamentos experimentais

O experimento foi realizado em duas replicatas, nos meses de março e julho de 2023, em delineamento inteiramente casualizado, sendo cinco soluções conservantes pós-colheita e seis épocas de coleta de dados (1, 4, 5, 10, 15, 20 dias após colheita).

Em laboratório foram simuladas as etapas pós-colheita, atendendo os protocolos de funcionamento do Grupo Reijers, bem como o tempo necessário em cada etapa para que o processamento das flores ocorresse de maneira natural.

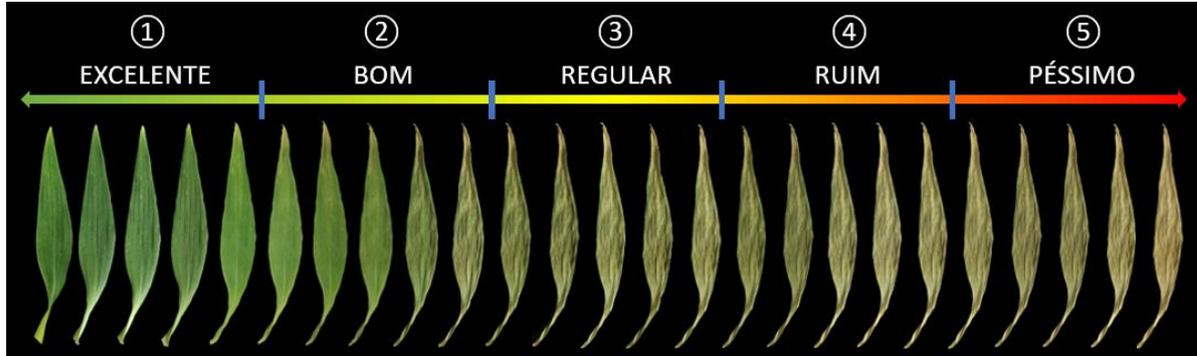
- a) Etapa 1: colheita: No primeiro dia, as hastes florais foram coletadas na empresa com padrão comercial, quando as primeiras flores apresentavam 30% da abertura floral ou mostrando a cor (GIRARDI *et al.*, 2015). Em seguida, foram levadas para a área de classificação para serem limpas e padronizadas. As hastes foram cortadas na base no comprimento uniforme de 50 cm e acondicionadas em caixas de papelão com as bases dispostas em água de poço (pH 6,3). Foram levadas para o laboratório e distribuídas em 40 copos plásticos de 500 ml com tampa, com 6 furos cada (um para cada haste), para posicionamento das hastes na vertical, totalizando 240 hastes por experimento. Utilizou-se 8 copos por tratamento. Os tratamentos experimentais aplicados foram:
- i. 6-Benziladenina (BA): 200 mg L⁻¹ (MATAK *et al.*, 2017);
 - ii. *FloraLife Crystal Clear*® Flower Food (CRY): 10 g L⁻¹ (FLORALIFE, 2023);
 - iii. Florissant 210XC (FLO): 0,05 mL L⁻¹ e cloro (Cl - 56% ativo disponível) 0,03 g L⁻¹ (procedimento padrão comercial do Grupo Reijers);
 - iv. Ácido giberélico (GA₃): 0,1 mM (YEAT *et al.*, 2012);
 - v. Tiosulfato de prata (STS): 2 mM em *pulsing* por 1 hora (CHANASUT *et al.*, 2003) e água de poço.

As soluções conservantes foram preparadas com água de poço (pH 6,3). Utilizou-se 400 ml de solução em cada copo. As hastes permaneceram nas soluções conservantes durante todo o experimento e não houve troca nem reposição da solução.

- b) Etapa 2: Armazenamento – No segundo dia, as hastes foram armazenadas em câmara fria a 5 °C por 3 dias. Estas são as condições de armazenamento e prazo médio de espera da empresa até que o produto seja destinado ao comércio.
- c) Etapa 3: Transporte – No quinto dia, as hastes foram armazenadas em câmara fria a 7 °C por 1 dia para simular o transporte das hastes pela empresa ao comércio, que é realizado por caminhão refrigerado.
- d) Etapa 4: Comercialização – A partir do sexto dia, as hastes foram levadas ao laboratório e mantidas em condições do ambiente. O experimento foi encerrado após todas as hastes perderem qualidade de comercialização. Em alstroemerias, a vida útil de vaso é definida até amarelecimento de 50% das folhas ou da queda/senescência de 50% das flores, reconhecidas por perda de turgor seguida de murchamento das pétalas (FERRANTE *et al.*, 2002).

Foi desenvolvida uma escala visual de referência da senescência da folha (FIGURA 1) e da flor (FIGURA 2) para a *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi.

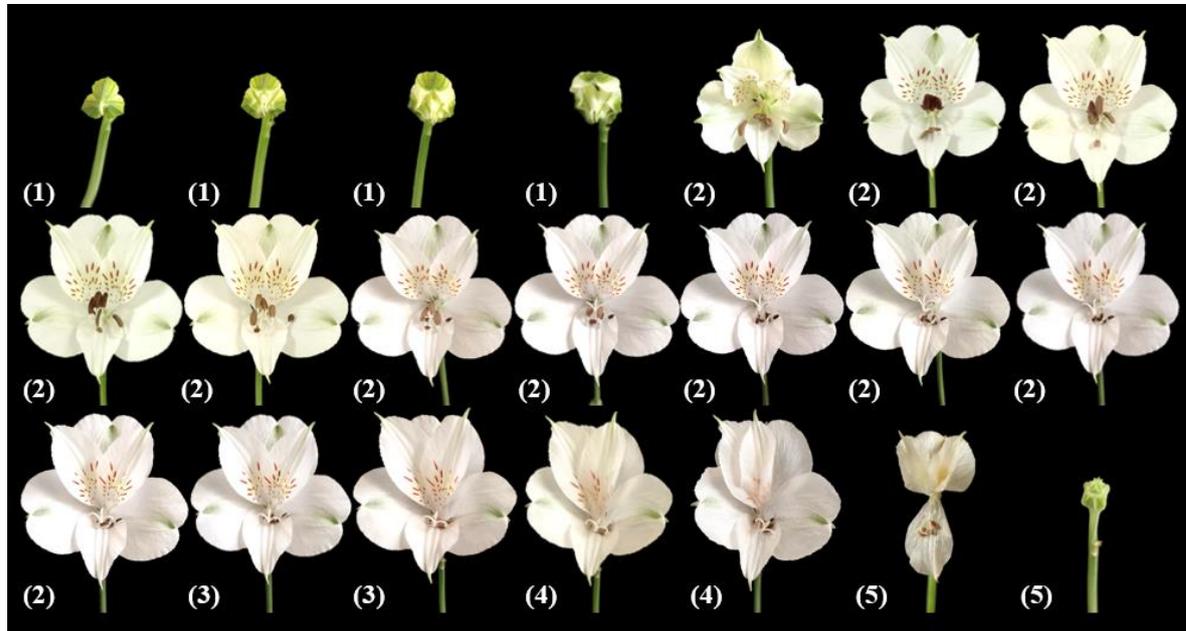
Figura 1 – Escala de referência visual de senescência da folha de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi.



Legenda: (1) folhas 100% verdes, qualidade excelente; (2) folhas 75% verdes, qualidade boa; (3) folhas 50% verdes, qualidade regular; (4) folhas 75% amarelecidas, qualidade ruim; (5) folhas 100% amarelecidas, qualidade péssima. Cada imagem de uma folha representa um dia pós-colheita com a haste floral imersa em água de poço.

Fonte: Do autor (2023).

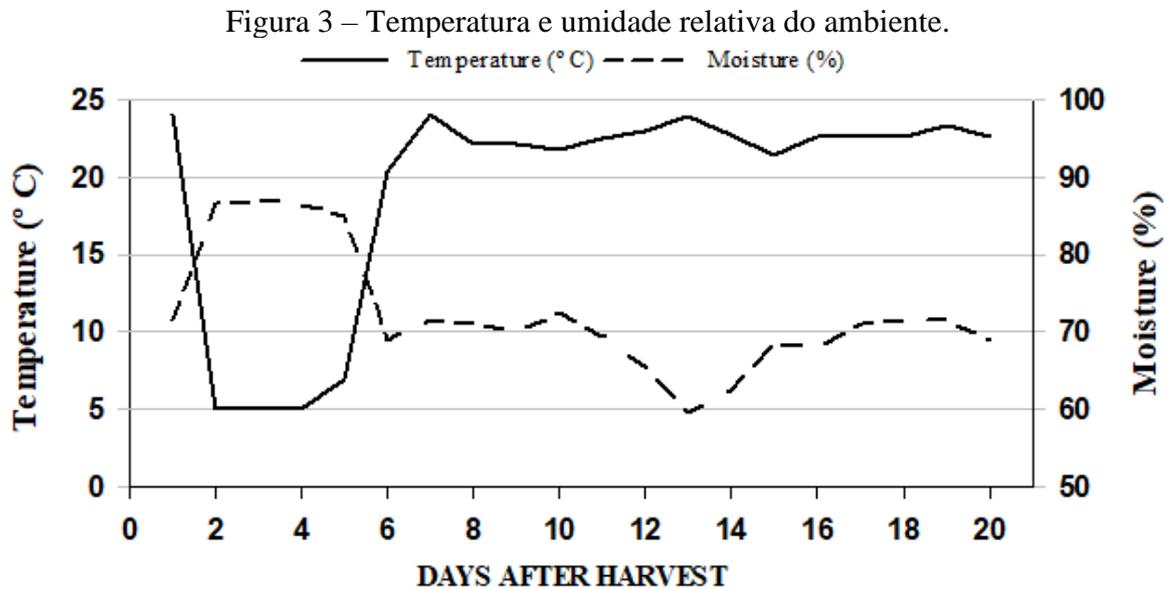
Figura 2 – Escala de referência visual de senescência da flor de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi.



Legenda: (1) botão 100% fechado, qualidade excelente; (2) 25% da flor com perda de turgescência, qualidade boa; (3) 50% da flor com perda de turgescência, qualidade regular; (4) 75% da flor com perda de turgescência, qualidade ruim; (5) 100% da flor com perda de turgescência ou queda de pétalas, qualidade péssima. Cada imagem de uma flor representa um dia pós-colheita com a haste floral imersa em água de poço.

Fonte: Do autor (2023).

Diariamente, ao meio-dia, registrou-se a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%) do ambiente em que as hastes se encontravam pelo termo-higrômetro Kasvi modelo K29-5070H, os dados são expressos na Figura 3.



Os resultados são as médias dos experimentos.

Fonte: Do autor (2023).

2.3 Avaliações

Os dados foram coletados ao final de cada etapa. Além disso, durante a etapa 4 (comercialização) foram realizadas avaliações a cada cinco dias e cessaram após o final da vida útil de todas as hastes.

As avaliações foram divididas em dois grupos:

- i. Análises não destrutivas – 12 hastes por tratamento (2 copos) foram destinadas para as avaliações feitas na mesma haste, sem modificá-la, durante todo o experimento. Foram avaliados a vida de vaso, massa fresca relativa e clorofila.
- ii. Análises destrutivas – 36 hastes por tratamento (6 copos) foram destinadas para as avaliações que modificavam as hastes, como a retirada de fragmentos da folha e corte de pétalas. Utilizou-se 6 hastes (1 copo) por dia de coleta de dados. Em cada dia, das 6 hastes disponíveis, 3 foram separadas para a análise de produção de etileno, e as outras 3 foram utilizadas para retirada de amostras de folhas e pétalas. Foram avaliados o extravasamento de eletrólitos, conteúdo relativo de água, atividade das enzimas CAT, SOD, POD e APX, quantificação do peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica.

As temperaturas, pH e condutividades elétricas das soluções conservantes foram avaliadas nos dois copos destinados às análises não destrutivas e no copo destinado às análises destrutivas do dia.

As avaliações foram explicadas:

- a) Temperatura das soluções conservantes: mensurada pelo medidor de bancada Hanna Edge modelo HI2002-02. Foram realizadas 3 repetições para cada tratamento.
- b) pH das soluções conservantes: medido pelo pHmetro de bancada Hanna Edge modelo HI2002-02. Foram realizadas 3 repetições para cada tratamento.
- c) Condutividade elétrica (uS/cm): medida pelo condutivímetro microprocessado Quimis modelo Q405M. Foram realizadas 3 repetições para cada tratamento.
- d) Vida de vaso: estimada por 3 pesquisadores treinados. Foram avaliadas 12 hastes por tratamento pela contagem de dias desde a colheita em campo até a perda da qualidade comercial, definida pelo amarelecimento de 50% das folhas ou da queda/senescência de 50% das flores, reconhecidas por perda de turgor seguida de murchamento das pétalas (FERRANTE *et al.*, 2002).
- e) Massa fresca relativa: determinada por meio da pesagem em balança eletrônica Bioscale modelo YP-B30001 com precisão de $\pm 0,1$ g. Foram avaliadas 12 hastes por tratamento. Os dados foram usados para determinar a massa fresca relativa pela equação:

$$MFR(\%) = \left(\frac{P_t}{P_{t1}} \right) \times 100. \quad (1)$$

Onde, P_t é o peso da haste (g) na $t =$ Etapa 1, 2, 3 e 4; P_{t1} é o peso da mesma haste (g) na etapa 1 (JOWKAR, 2015).

- f) Clorofila: a determinação da clorofila foi realizada nas folhas próximas à inflorescência pelo clorofilômetro Falker modelo CFL1030. Em cada haste foram medidas 5 folhas, no total de 12 hastes por tratamento. Os valores foram mencionados como Índice de Clorofila Falker (ICF).
- g) Conteúdo relativo de água: determinado seguindo o procedimento proposto por Arous e Hogan (1994). Foram coletados 5 fragmentos de 1 cm^2 por haste, em folhas próximas a inflorescência, no total de 3 hastes por tratamento. Os fragmentos foram pesados imediatamente em balança digital Shimadzu modelo ATX224 com precisão de $\pm 0,0001$ g para determinação da massa fresca e colocados em tubos com água destilada por 24

horas. Foi retirado o excesso de água dos fragmentos cuidadosamente com papel toalha e pesados novamente para obtenção da massa túrgida. As amostras foram colocadas em envelopes de papel kraft e levadas para estufa microprocessada de secagem Quimis modelo Q317M-12 à temperatura de 65 °C até atingirem peso constante, sendo novamente pesadas para a obtenção da massa seca. O conteúdo relativo de água foi determinado pela equação.

$$CRA(\%) = \frac{MF-MS}{MT-MS} \times 100. \quad (2)$$

Onde, MF é o peso da massa fresca; MS é o peso da massa seca; MT é o peso da massa túrgida.

- h) Extravasamento de eletrólitos (EE): realizado de acordo com Lutts *et al.* (1995). A cada haste foram retirados 5 fragmentos de 1 cm² de folhas próximas a inflorescência, no total de 3 hastes por tratamento. Os fragmentos foram lavados com água destilada para remoção de resíduos, colocados em frascos individuais contendo 10 mL de (3) destilada e incubados à temperatura ambiente de 25 °C em mesa agitadora orbital Marconi modelo MA140/CFT a 100 rpm por 24h. A condutividade elétrica (EC1) foi aferida pelo medidor Quimis modelo Q405M após a incubação. As amostras foram então colocadas em estufa com circulação e renovação de ar Tecnal modelo TE-394/3 a 90 °C por 2 horas e a segunda leitura (EC2) foi feita após resfriar a solução à temperatura ambiente. O extravasamento de eletrólitos foi estimado pela equação.

$$EE(\%) = \frac{EC1}{EC2} \times 100 \quad (3)$$

- i) Produção de etileno: realizado em hastes florais cortadas com 25 cm e armazenadas individualmente em frascos de vidro de 2,5 L, com tampa, por 24 horas. Foram realizadas 3 repetições para cada tratamento e as leituras foram em triplicatas. O ar no interior dos frascos foi coletado com uma seringa hermética e injetado 6 mL no analisador portátil de etileno Felix Instruments modelo F-900. Os resultados foram expressos em ppm g⁻¹ h⁻¹, conforme Lima *et al.* (2021).

As avaliações bioquímicas foram realizadas através de amostras de aproximadamente 200 mg de pétalas de flores por haste, no total de 3 hastes por tratamento. As amostras coletadas foram armazenadas no ultra freezer Sanyo modelo CVK-UB2(I) a -80 °C. A extração das

proteínas para expressão das atividades enzimáticas SOD, CAT, POD e APX, foram realizadas de acordo com Biemelt *et al.* (1998). As pétalas foram maceradas com nitrogênio líquido 50% (m/v) de polivinilpirrolidona (PVPP) até formar uma farinha homogênea. Esse material foi utilizado para extração em solução tampão preparada por 375 μL de 400 mM fosfato de potássio (pH 7,8), 15 μL de 10 mM EDTA, 75 μL de 200 mM ácido ascórbico e 1.035 μL de água destilada, totalizando 1.500 μL . O material foi homogeneizado no vórtex, seguido de centrifugação a 13.000 g (11.820 rpm) por 10 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi coletado e armazenado a -80 °C para análise das atividades das enzimas antioxidantes.

- j) Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD – EC 1.15.1.1): determinada de acordo com Giannopolitis e Ries (1977). A reação foi conduzida em uma câmara de reação (caixa de poliestireno expandido), sob iluminação de lâmpada fluorescente a 25 °C. A atividade foi determinada em solução tampão formada por 100 μL de 100 mM fosfato de potássio (pH 7,8), 3 μL de 10 μM EDTA, 40 μL de 70 mM metionina, 15 μL de 1 mM NBT, 2 μL de 0,2 mM riboflavina e 30 μL de água destilada. Ao mix desta solução foi adicionado 10 μL do extrato proteico, formando uma solução de 200 μL . As amostras foram realizadas em triplicatas. O tempo de reação foi de 7 minutos em presença de luz. A leitura no espectrofotômetro foi realizada a um comprimento de onda de 560 nm. Os resultados da atividade da SOD foram expressos em U SOD $\text{min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$.
- k) Atividade da enzima Catalase (CAT – EC 1.11.1.6): determinada em espectrofotômetro como descrito por Havir e McHale (1987). A solução tampão foi preparada por 90 μL de 200 mM fosfato de potássio (pH 7,0), 77 μL de água destilada e 9 μL de 250 mM H_2O_2 . A reação foi iniciada com adição de 4 μL do extrato proteico, totalizando uma solução de 180 μL . As leituras foram realizadas em triplicata à temperatura de 25 °C. A atividade foi determinada através da decomposição do H_2O_2 , através de alterações na absorvância a 240 nm de 15 em 15 segundos durante 3 minutos, considerando o coeficiente de extinção molar de 36 $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$. Os resultados da atividade da CAT foram expressos em $\eta\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$.
- l) Atividade da enzima Peroxidase (POD – EC 1.11.1.7): determinada em espectrofotômetro como descrito por Fang e Kao (2000). A solução tampão foi preparada por 100 μL de 100 mM fosfato de sódio (pH 6,0), 33 μL de guaiacol 0,8%, 14 μL de água destilada e 20 μL do extrato proteico. Foram adicionados 33 μL de H_2O_2 0,9%, totalizando o volume final de 200 μL . As leituras foram realizadas em triplicata

na absorvância a 470 nm durante 3 minutos, considerando o coeficiente de extinção molar de $26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Observou-se a formação de tetraguaiacol pelo aumento na absorvância. Os resultados da atividade da POD foram expressos em $\eta\text{mol Tetraguaiacol min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$.

- m) Atividade da enzima Ascorbato Peroxidase (APX - EC 1.11.1.11): realizada de acordo com Nakano e Asada (1981). Foi utilizada uma solução tampão de 90 μL de 200 mM fosfato de potássio (pH 7,0), 9 μL de 10 mM ácido ascórbico, 68 μL de água destilada e 4 μL do extrato proteico. À esta solução, foi adicionado 9 μL de 2 mM H_2O_2 , totalizando o volume final de 180 μL . As leituras foram realizadas em triplicata na absorvância a 290 nm de 15 em 15 segundos durante 3 minutos, considerando o coeficiente de extinção molar de $2,8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Os resultados da atividade da APX foram expressos em $\eta\text{mol AsA min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$.

A quantificação de proteínas foi determinada conforme descrito por Bradford (1976), com a utilização do corante *Coomassie Brilliant Blue* G-250. Alíquotas de 6 μL do extrato foram adicionadas a 294 μL do corante G-250. No pH de reação, a interação entre a proteína de alto peso molecular e o corante provoca deslocamento do equilíbrio do corante da forma aniônica (castanho-avermelhado) para a forma catiônica (azul). A taxa de absorção é proporcional à quantidade de proteína e foi determinada por leituras em duplicata em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 595 nm. A extração dos compostos para quantificação do peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica foram realizadas de acordo com Velikova *et al.* (2000). As amostras foram maceradas em nitrogênio líquido 50% (m/v) de polivinilpirrolidona (PVPP) até formar uma farinha homogênea. Esse material foi utilizado para extração em solução preparada por 1.500 μL de ácido tricloroacético (TCA) 0,1% (m/v). O material foi homogeneizado no vórtex, seguido de centrifugação a 12.000 g (11.360 rpm) por 15 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi coletado e armazenado a -80 °C para análise.

- n) Quantificação do Peróxido de Hidrogênio: a quantificação de H_2O_2 foi baseada em Velikova *et al.* (2000). Foi utilizada uma solução tampão contendo 45 μL de 10 mM fosfato de potássio (pH 7,0), 90 μL de 1 M iodeto de potássio e 45 μL do extrato, totalizando o volume final de 180 μL . As leituras foram realizadas em duplicatas medindo-se a absorvância a 390 nm. A quantidade de H_2O_2 foi calculada usando-se uma curva padrão preparada anteriormente com 250 μM H_2O_2 . Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ MF}$ (massa fresca).
- o) A quantificação da peroxidação lipídica foi realizada pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), conforme descrito por Buege e Aust (1978).

Alíquotas de 125 µL do extrato foram adicionadas a 250 µL do meio de reação com ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e ácido tricloroacético (TCA) 10% (m/v), incubando-se, em seguida, a 95 °C por 30 minutos. A reação foi paralisada por resfriamento rápido em gelo e as leituras foram determinadas em duplicatas em espectrofotômetro num comprimento de onda de 535 nm e 600 nm. O malondialdeído (MDA) é um produto da peroxidação lipídica e reage com o ácido tiobarbitúrico, sendo o produto detectado por espectrofotometria. Os cálculos foram realizados por meio da equação:

$$MDA = \frac{A_{535} - A_{600}}{\epsilon \times b} \quad (4)$$

Onde, ϵ é o coeficiente de extinção molar de 156 mM⁻¹ cm⁻¹; b é o comprimento óptico
1. Os resultados foram expressos em ηmol MDA g⁻¹ MF (massa fresca).

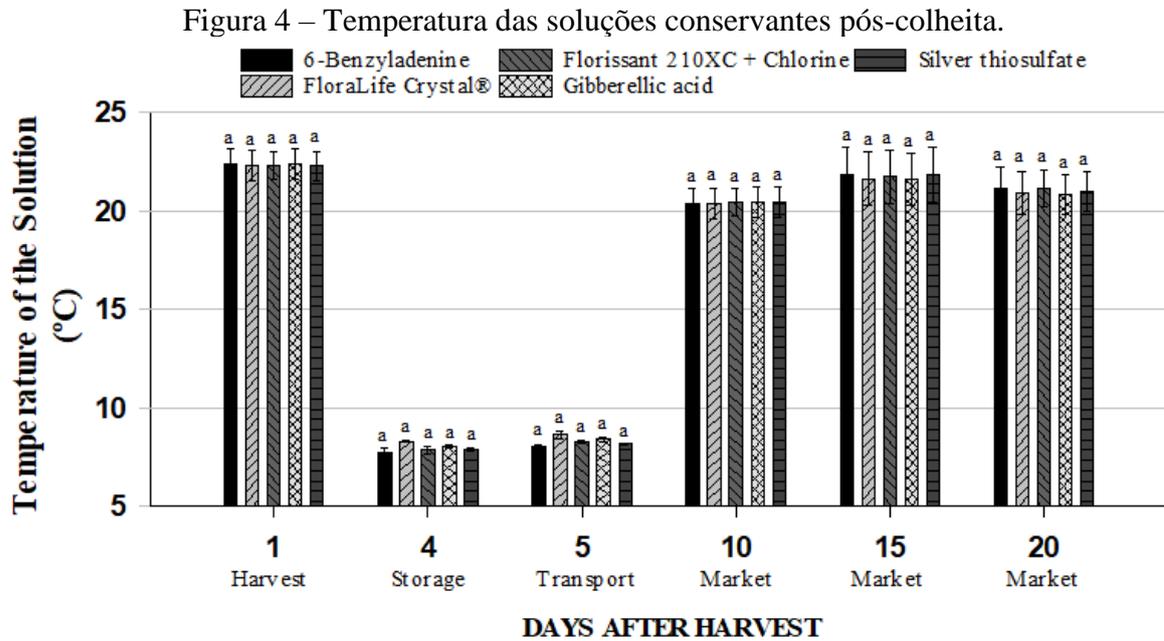
2.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p≤0,05), considerando como médias dos tratamentos os valores médios dos dois experimentos realizados. Quando significativos, os efeitos dos produtos foram comparados dentro de cada dia de avaliação pelo teste de Tukey com 5% de significância. As análises foram realizadas com auxílio do software R (R CORE TEAM, 2023).

3 RESULTADOS

Efeito dos tratamentos: 6-benziladenina (BA), *FloraLife Crystal Clear*® (CRY), Florissant 210XC com cloro (FLO + Cl), ácido giberélico (GA₃) e tiosulfato de prata (STS), na preservação, fisiologia e bioquímica pós-colheita de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos nas etapas pós-colheita para: temperatura e condutividade elétrica das soluções conservantes; atividades das enzimas SOD, CAT e POD e quantificação do peróxido de hidrogênio das pétalas florais. Houve diferenças significativas entre os tratamentos nas etapas pós-colheita para: pH das soluções conservantes; vida de vaso, massa fresca relativa e produção de etileno das hastes; clorofila, conteúdo relativo de água e extravasamento de eletrólitos das folhas; atividade da enzima APX e quantificação da peroxidação lipídica das pétalas florais.

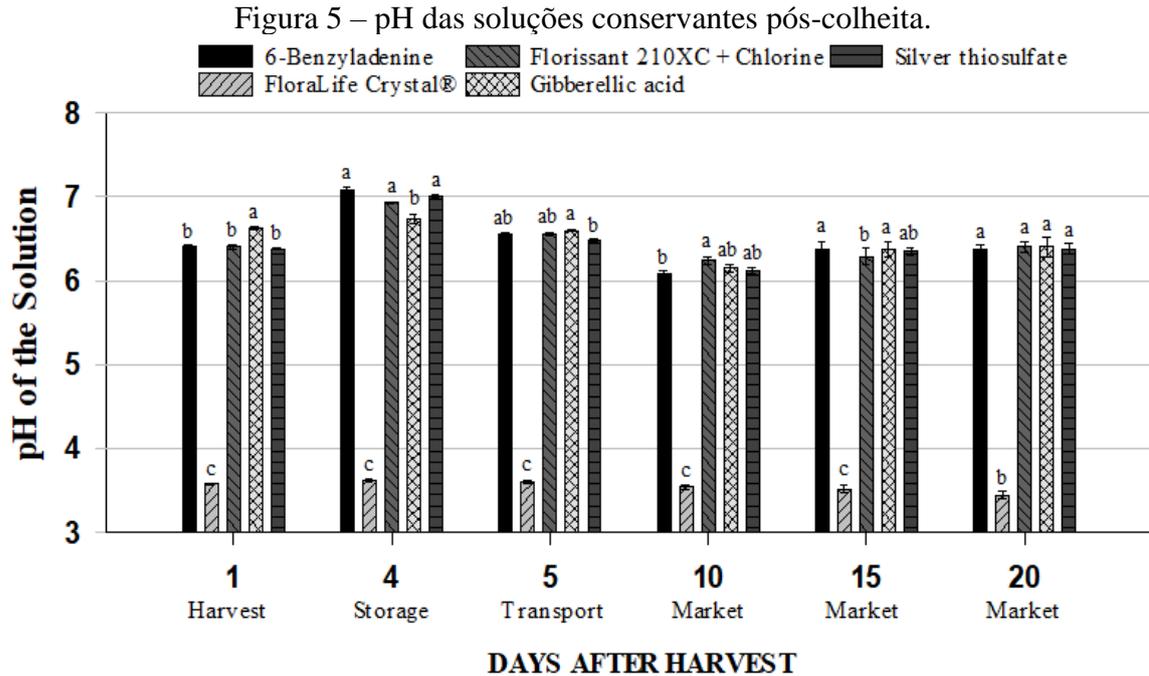
- a) Temperatura: as temperaturas das soluções conservantes não diferiram estatisticamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita (FIGURA 4). Durante o armazenamento e transporte, as temperaturas variaram de 7,7 °C a 8,6 °C, enquanto na colheita e comercialização variaram de 20,4 °C a 22,4 °C.



Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- b) pH: as análises de pH das soluções apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos nas etapas pós-colheita (FIGURA 5). As soluções de BA, FLO + Cl, GA₃ e STS apresentaram pH próximo ao básico (entre 6,1 e 7,1). CRY apresentou pH ácido, de $\pm 3,5$.

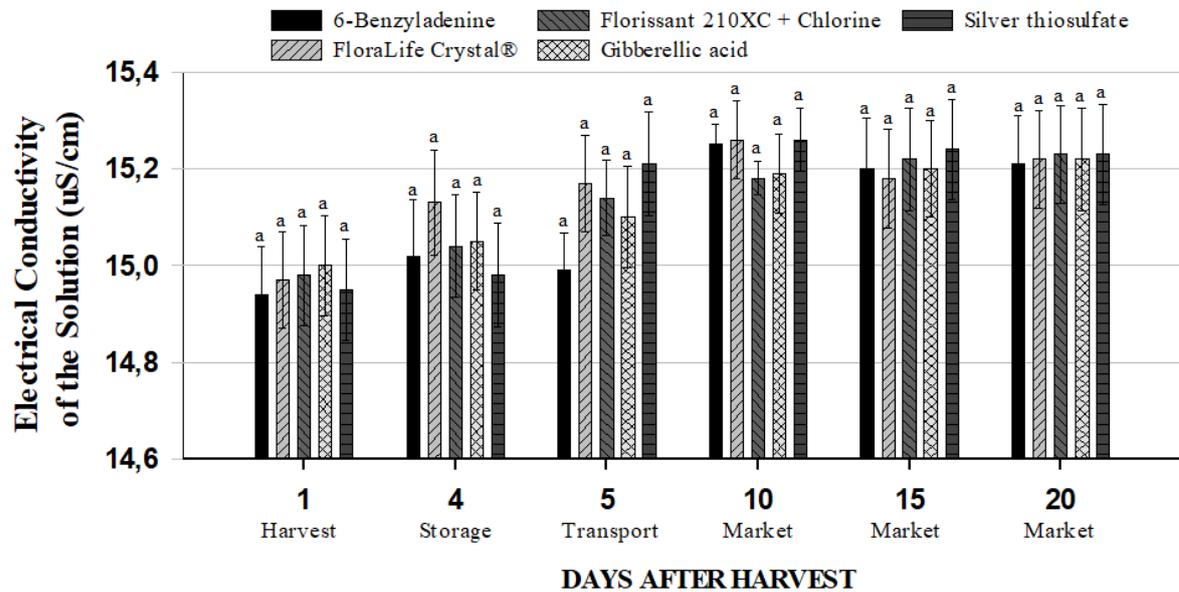


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

c) Condutividade elétrica: as condutividades elétricas das soluções não diferiram significativamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita (FIGURA 6). As condutividades variaram entre 14,94 e 15,26 uS/cm.

Figura 6 - Condutividade elétrica das soluções conservantes pós-colheita.



Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- d) Vida de vaso: a durabilidade das hastes florais de *Alstroemeria* diferiu significativamente em função das soluções utilizadas para conservação (TABELA 1). A maior durabilidade foi observada com uso de GA₃ (17,2 dias), FLO + Cl (17,0 dias) e STS (16,7 dias).

Tabela 1 – Durabilidade de hastes florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

Treatments	Vida de vaso (dias)
6-Benziladenina	16,4 \pm 0,35 b
FloraLife Crystal Clear®	14,1 \pm 0,86 c
Florissant 210XC + Cloro	17,0 \pm 0,23 a
Ácido giberélico	17,2 \pm 0,20 a
Tiosulfato de prata	16,7 \pm 0,54 ab

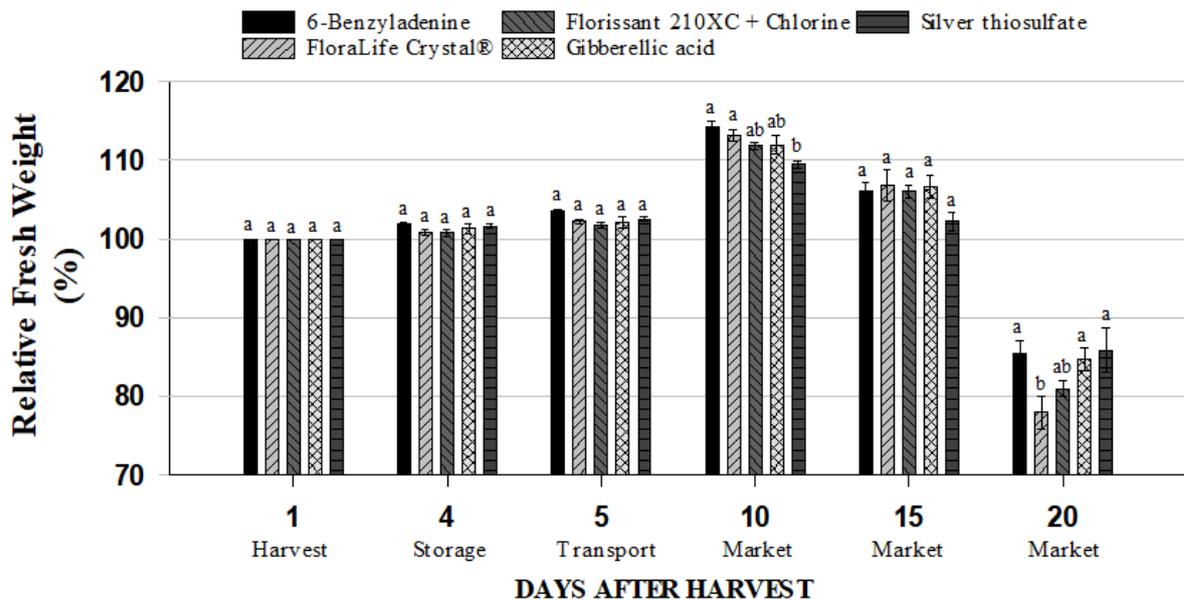
Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 24$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- e) Massa fresca relativa: a massa fresca relativa das hastes diferiu estatisticamente durante as etapas pós-colheita (FIGURA 7). Observou-se um comportamento semelhante entre os tratamentos, uma tendência crescente até o 10º DAH (*days after harvest* - dia após colheita) seguida de uma tendência decrescente. Durante a colheita, armazenamento e

transporte, a massa fresca relativa teve variação entre 100,7% e 103,5%. No 10º DAH, referente ao início da comercialização e momento principal da abertura dos botões florais, as massas frescas relativas oscilaram entre 109,5% e 114,3%. Ao final, o tratamento mais eficiente em manter a massa fresca relativa foi o STS (85,9%), seguido por BA (85,4%), GA₃ (84,7%), FLO + Cl (81,0%) e CRY (78,0%).

Figura 7 – Massa fresca relativa de hastes florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

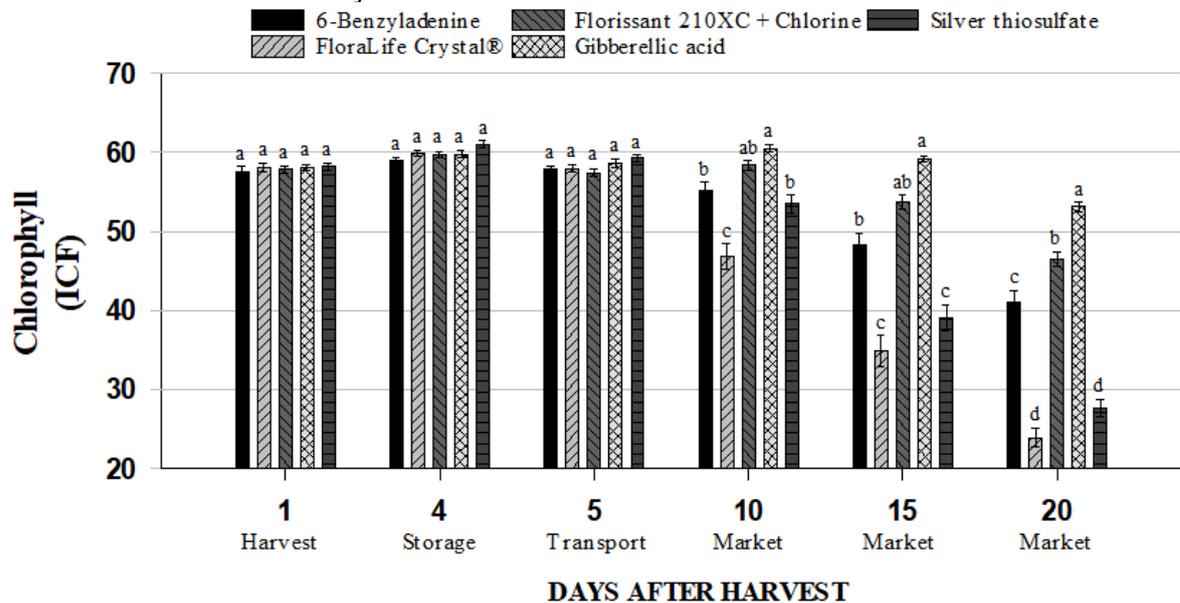


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 24$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

f) Clorofila: as soluções conservantes afetaram o teor de clorofila das folhas significativamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 8). Durante as etapas de colheita, armazenamento e transporte não houve diferenças, e os tratamentos apresentaram poucas variações. A partir da etapa de comercialização, observou-se redução no teor de clorofila nas folhas, principalmente para hastes mantidas em CRY, com queda de 22,9 ICF (perda de 49% entre o 10º e 20º DAH). Ao final do período de qualidade comercial, as soluções de GA₃ (53,2 ICF) e FLO + Cl (46,5 ICF) se destacaram na manutenção da clorofila das hastes, seguidos da BA (41,0 ICF), STS (27,7 ICF) e CRY (24,0 ICF). GA₃ e o FLO + Cl registraram diminuição de apenas 12,1% e 22,1% em relação ao conteúdo inicial de clorofila, respectivamente.

Figura 8 – Teor de clorofila em folhas de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

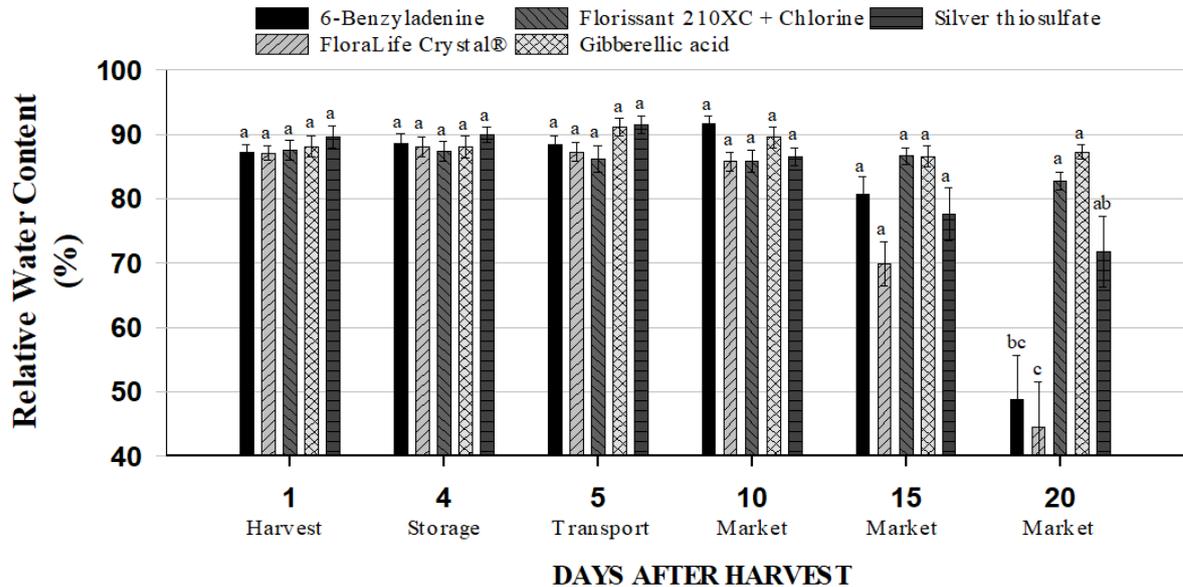


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 120$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- g) Conteúdo relativo de água: o conteúdo relativo de água das hastes de alstroemerias diferiu significativamente entre os tratamentos durante as etapas pós-colheita (FIGURA 9). O GA_3 e FLO + Cl se destacaram com variação de 5,0% e 5,4%, respectivamente. De maneira oposta, STS, BA e CRY apresentaram maiores variações e tendência decrescente a partir do 15° DAH. Ao final, as hastes imersas em solução de GA_3 (87,3%), FLO + Cl (82,8%) e STS (71,7%) apresentaram os maiores conteúdos relativos de água, seguidos da BA (48,8%) e CRY (44,5%).

Figura 9 – Conteúdo relativo de água de folhas de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

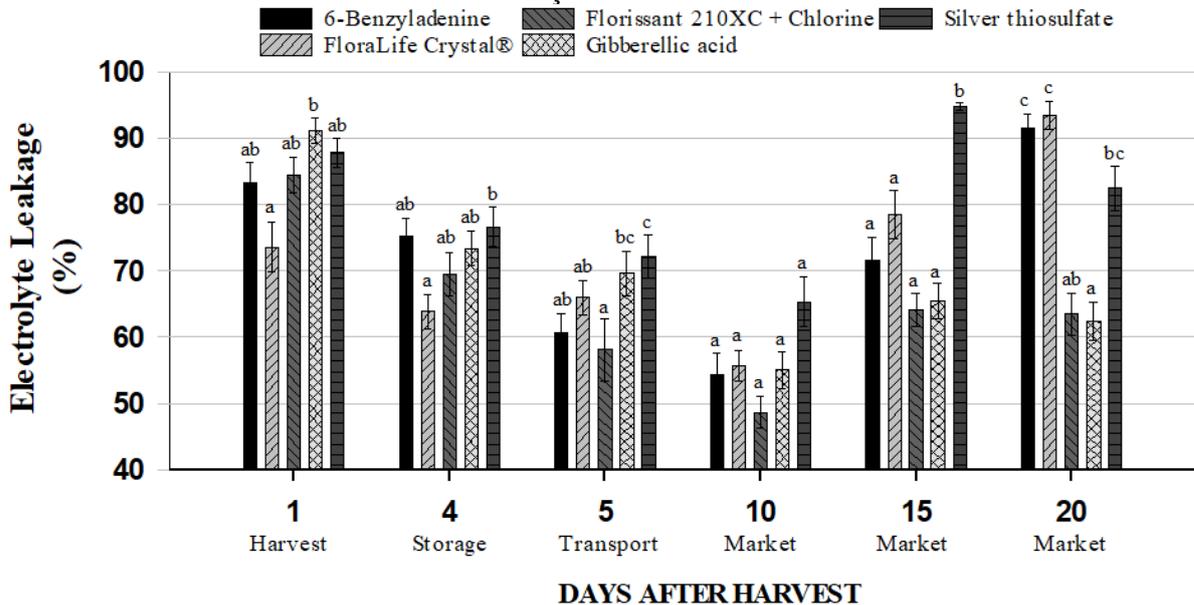


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 30$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- h) Extravasamento de eletrólitos: as análises de extravasamento de eletrólitos diferiram significativamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 10). Os tratamentos apresentaram uma tendência decrescente até o 10º DAH, seguido de uma tendência crescente. Os menores valores de extravasamentos foram observados no 10º DAH, durante o início da comercialização, FLO + Cl (48,7%) apresentou o menor extravasamento, seguido de BA (54,3%), GA₃ (55,1%), CRY (55,7%) e STS (65,4%). Ao final, os tratamentos que menos extravasaram eletrólitos e, portanto, mais preservaram as membranas celulares foram o GA₃ (62,4%) e FLO + Cl (63,5%), seguidos de STS (82,4%), BA (91,5%) e CRY (93,5%).

Figura 10 – Extravasamento de eletrólitos de folhas de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

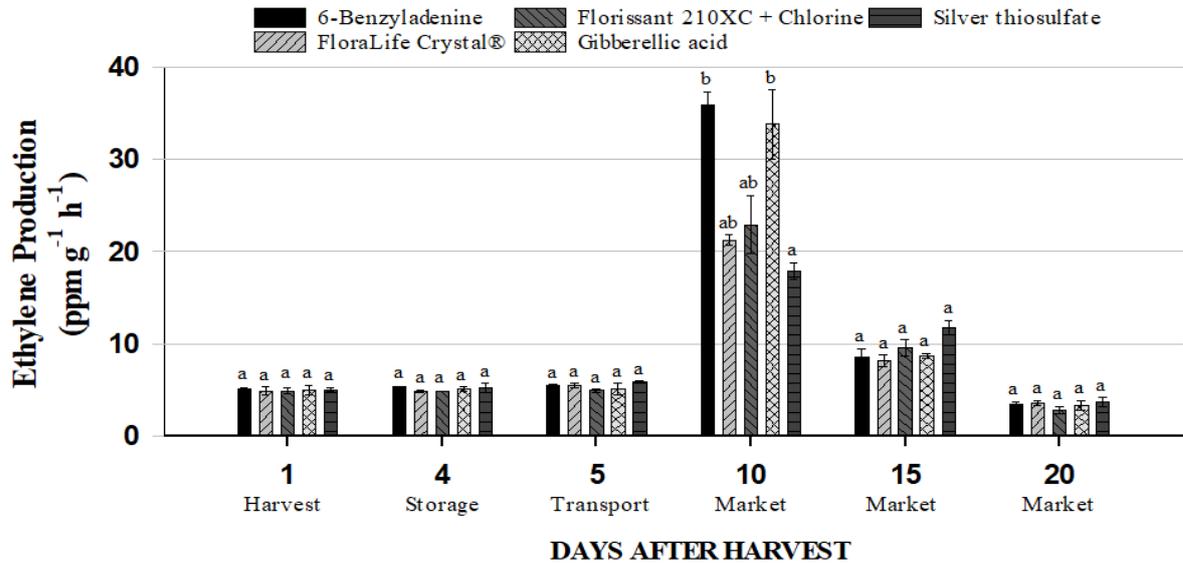


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 30$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- i) Produção de etileno: a produção de etileno das alstroemerias foi significativamente influenciada pelos tratamentos nas etapas pós-colheita (FIGURA 11). Durante a colheita, armazenamento e transporte não foram observadas diferenças significativas, e as produções de etileno oscilaram entre 4,8 e 5,9 ppm g⁻¹ h⁻¹. No 10º DAH, início da comercialização, observou-se uma explosão nas máximas de etileno e a solução que mais suprimiu sua produção foi o STS (17,9 ppm g⁻¹ h⁻¹), seguido do CRY (21,2 ppm g⁻¹ h⁻¹), FLO + Cl (22,9 ppm g⁻¹ h⁻¹), GA₃ (33,8 ppm g⁻¹ h⁻¹) e BA (35,9 ppm g⁻¹ h⁻¹). Posteriormente a essas máximas, nota-se uma tendência decrescente até o final da senescência. No 20º DAH, as produções de etileno foram ínfimas e oscilaram entre 2,8 e 3,7 ppm g⁻¹ h⁻¹. O STS (79,5%) foi o tratamento mais eficiente em controlar a variação da produção de etileno durante as etapas pós-colheita, seguido de CRY (83,5%), FLO + Cl (87,8%), GA₃ (90,2%) e BA (90,4%).

Figura 11 – Produção de etileno de hastas florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

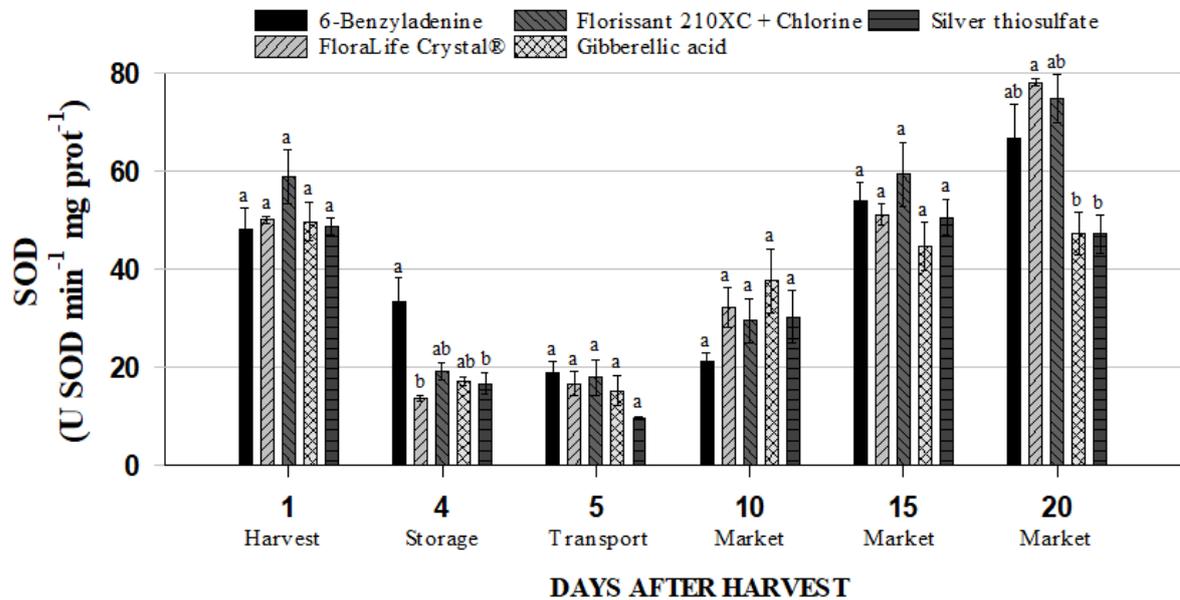


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- j) Superóxido dismutase (SOD – EC 1.15.1.1): as atividades específicas da SOD diferiram significativamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 12). A SOD teve maior atividade no momento da colheita em relação às etapas de armazenamento e transporte. Durante a etapa de comercialização, observou-se uma tendência crescente na atividade da SOD até o fim da senescência. As maiores atividades da SOD foram registradas no 20º DAH. CRY (78,2 U SOD min^{-1} mg prot^{-1}) teve maior atividade, seguido de FLO + Cl (74,9 U SOD min^{-1} mg prot^{-1}) e BA (66,8 U SOD min^{-1} mg prot^{-1}). O STS teve maior atividade no 15º DAH (50,5 U SOD min^{-1} mg prot^{-1}) e GA₃ no 1º DAH (49,7 U SOD min^{-1} mg prot^{-1}).

Figura 12 – Atividade específica da enzima superóxido dismutase em pétalas florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

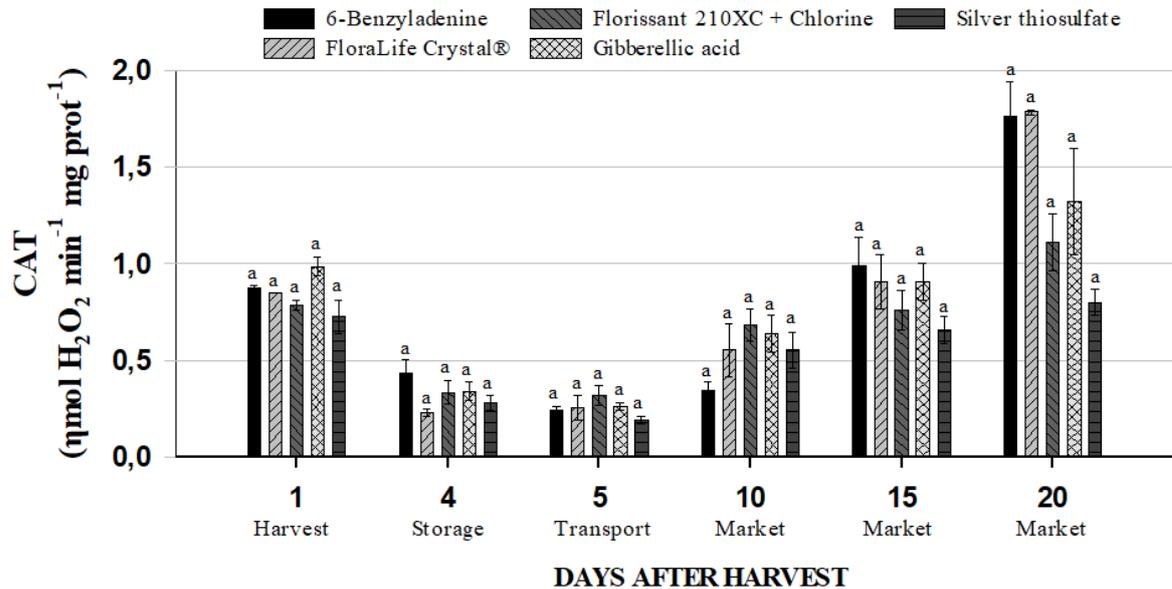


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- k) Catalase (CAT – EC 1.11.1.6): as atividades específicas da CAT não diferiram estatisticamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 13). Semelhante à SOD, a atividade da CAT foi maior na colheita em relação às etapas de armazenamento e transporte, que registraram as menores atividades. Durante a comercialização, houve uma tendência crescente na atividade da CAT até o final da senescência. As maiores atividades da CAT foram no 20º DAH. CRY (1,78 $\eta\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$) teve a maior atividade, seguido de BA (1,76 $\eta\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$), GA₃ (1,32 $\eta\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$), FLO + Cl (1,11 $\eta\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$) e STS (0,80 $\eta\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$).

Figura 13 – Atividade específica da enzima catalase em pétalas florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

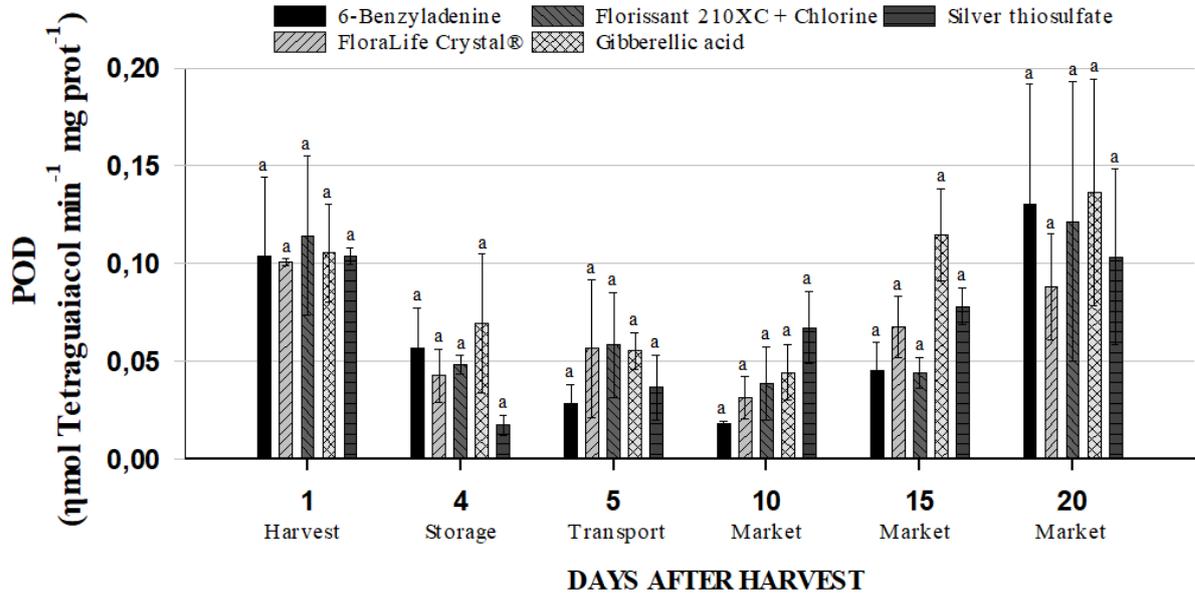


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- 1) Peroxidase (POD – EC 1.11.1.7): as atividades específicas da POD não diferiram estatisticamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 14). A atividade da POD foi maior na colheita em relação às etapas de armazenamento, transporte e início da comercialização, que registraram as menores atividades. Durante a comercialização, houve uma tendência crescente na atividade da POD até o final da senescência. As maiores atividades da POD foram registradas no 20º DAH, e o tratamento com GA₃ (0,136 $\mu\text{mol Tetraguaiacol min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) teve a maior atividade, seguido de BA (0,130 $\mu\text{mol Tetraguaiacol min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) e FLO + Cl (0,121 $\mu\text{mol Tetraguaiacol min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$). O STS (0,103 $\mu\text{mol Tetraguaiacol min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) teve maior atividade no 1º e 20º DAH, e o CRY (0,100 $\mu\text{mol Tetraguaiacol min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) no 1º DAH.

Figura 14 – Atividade específica da enzima peroxidase em pétalas florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

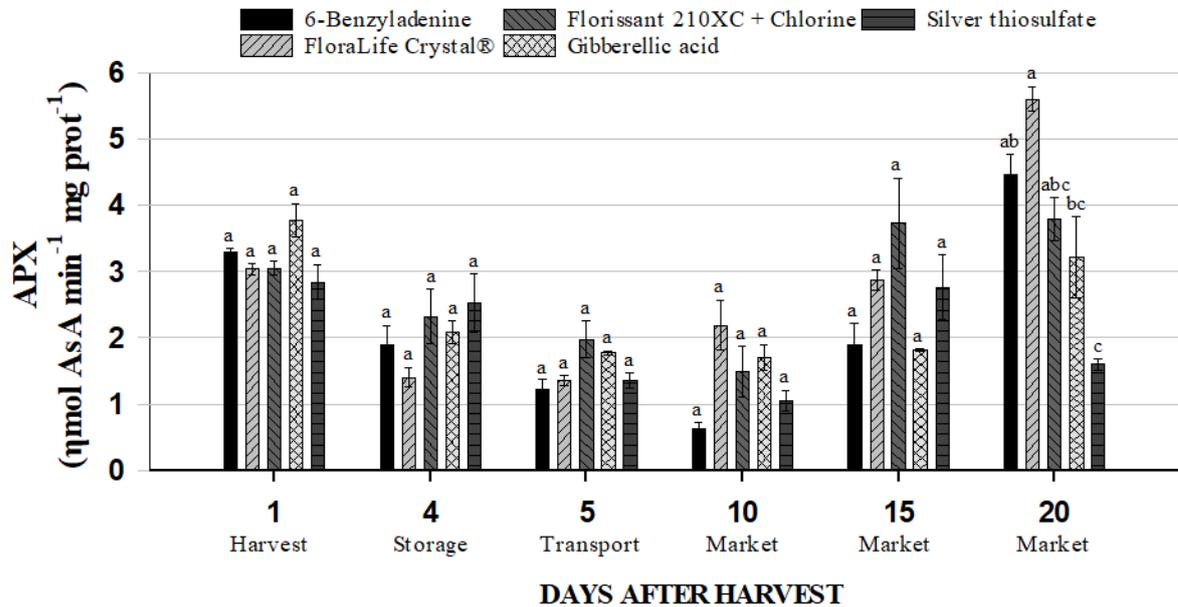


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

m) Ascorbato peroxidase (APX - EC 1.11.1.11): os resultados da atividade específica da APX diferiram estatisticamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 15). Conforme observado para a POD, a APX teve maior atividade na colheita em relação ao armazenamento, transporte e início da comercialização, que registraram as menores atividades. Durante a etapa de comercialização, houve uma tendência crescente na atividade da APX até o final do experimento. As maiores atividades da APX foram no 20° DAH. CRY (5,60 $\mu\text{mol AsA min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) apresentou maior atividade, seguido de BA (4,47 $\mu\text{mol AsA min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) e FLO + Cl (3,78 $\mu\text{mol AsA min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$). O GA₃ (3,77 $\mu\text{mol AsA min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) e STS (2,84 $\mu\text{mol AsA min}^{-1} \text{mg prot}^{-1}$) tiveram maior atividade no 1° DAH.

Figura 15 – Atividade específica da enzima ascorbato peroxidase em pétalas florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

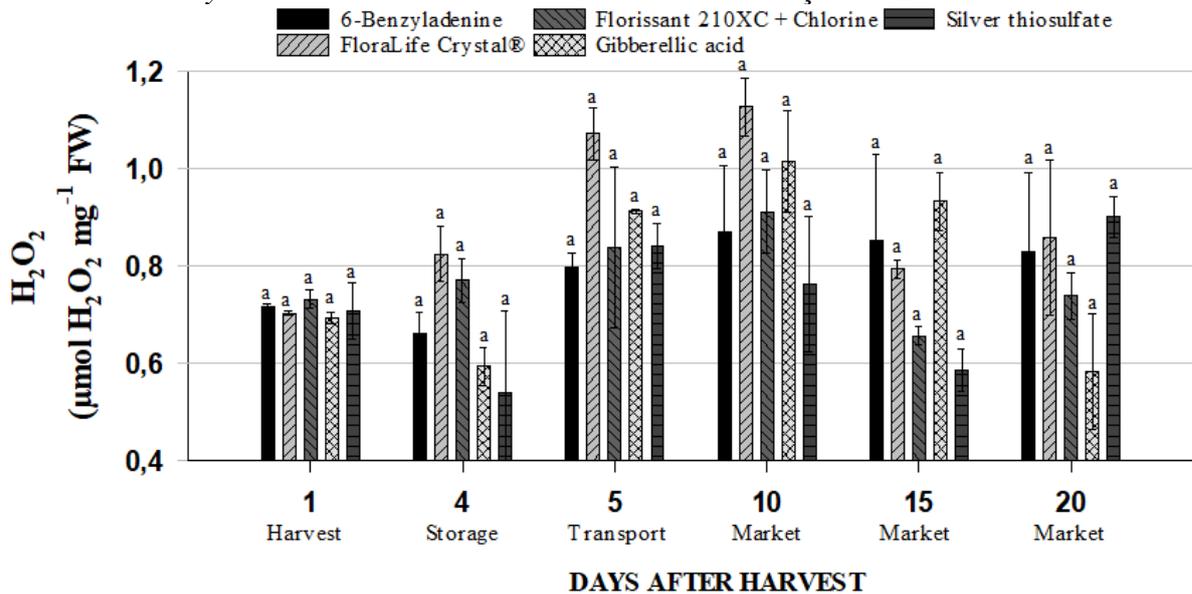


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

n) Peróxido de hidrogênio (H_2O_2): os resultados da quantificação do peróxido de hidrogênio não diferiram estatisticamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 16). Os maiores acúmulos de peróxido de hidrogênio foram observados no 10º DAH, com exceção do STS. CRY apresentou a maior quantificação ($1,12 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$), seguido de GA_3 ($1,01 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$), FLO + Cl ($0,91 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$) e BA ($0,87 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$). STS ($0,90 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$) acumulou mais H_2O_2 no 20º DAH. Contrariamente, menores valores foram observados para cada tratamento: 1º DAH para CRY ($0,70 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$); 4º DAH para BA ($0,66 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$) e STS ($0,54 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$), 15º DAH para FLO + Cl ($0,65 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$); 20º DAH para GA_3 ($0,58 \mu\text{mol } H_2O_2 \text{ mg}^{-1}$).

Figura 16 – Quantificação do peróxido de hidrogênio em pétalas florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

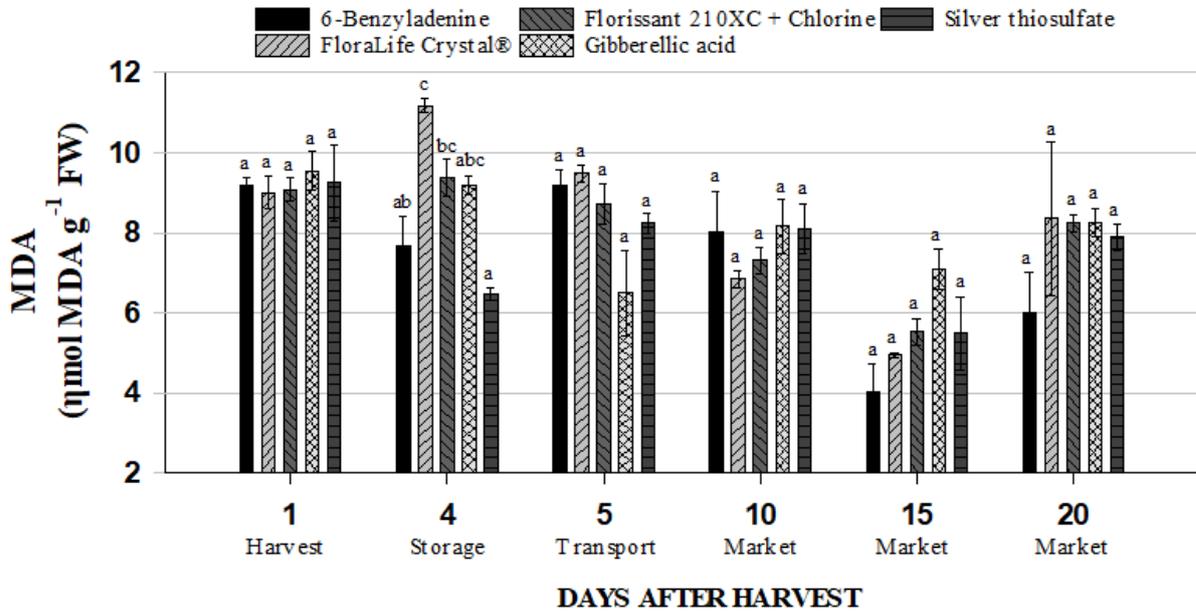


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

- o) Peroxidação lipídica (MDA): os resultados da quantificação da peroxidação lipídica diferiram significativamente entre os tratamentos nas etapas pós-colheita de alstroemeria (FIGURA 17). As maiores peroxidações lipídicas foram observadas em hastes colhidas e mantidas em soluções de GA₃ (9,53 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$), STS (9,25 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$) e BA (9,17 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$), enquanto para CRY (11,18 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$) e FLO + Cl (9,38 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$) foram no armazenamento. De outro modo, os menores acúmulos de MDA foram no 15º DAH com a solução de BA (4,00 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$), seguida de CRY (4,94 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$), STS (5,49 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$) e FLO + Cl (5,52 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$). GA₃ (6,49 $\mu\text{mol MDA g}^{-1}$) teve menor acúmulo na etapa de transporte.

Figura 17 – Quantificação da peroxidação lipídica em pétalas florais de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes.

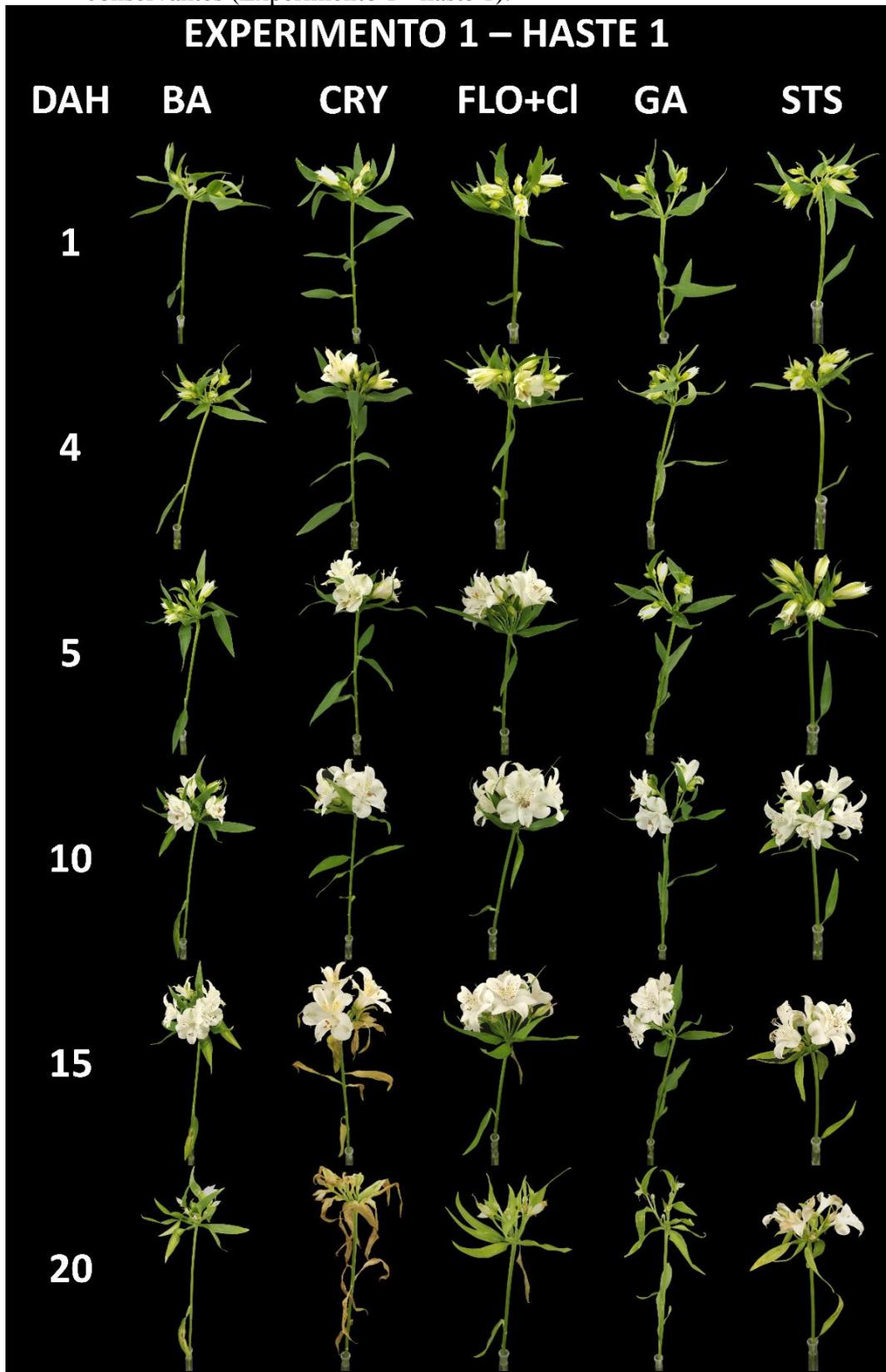


Data are presented as the mean \pm standard error, with $n = 6$. Different letters on the same day after harvest indicate statistically significant differences from each other, as determined by the Tukey test ($p \leq 0.05$).

Fonte: Do autor (2023).

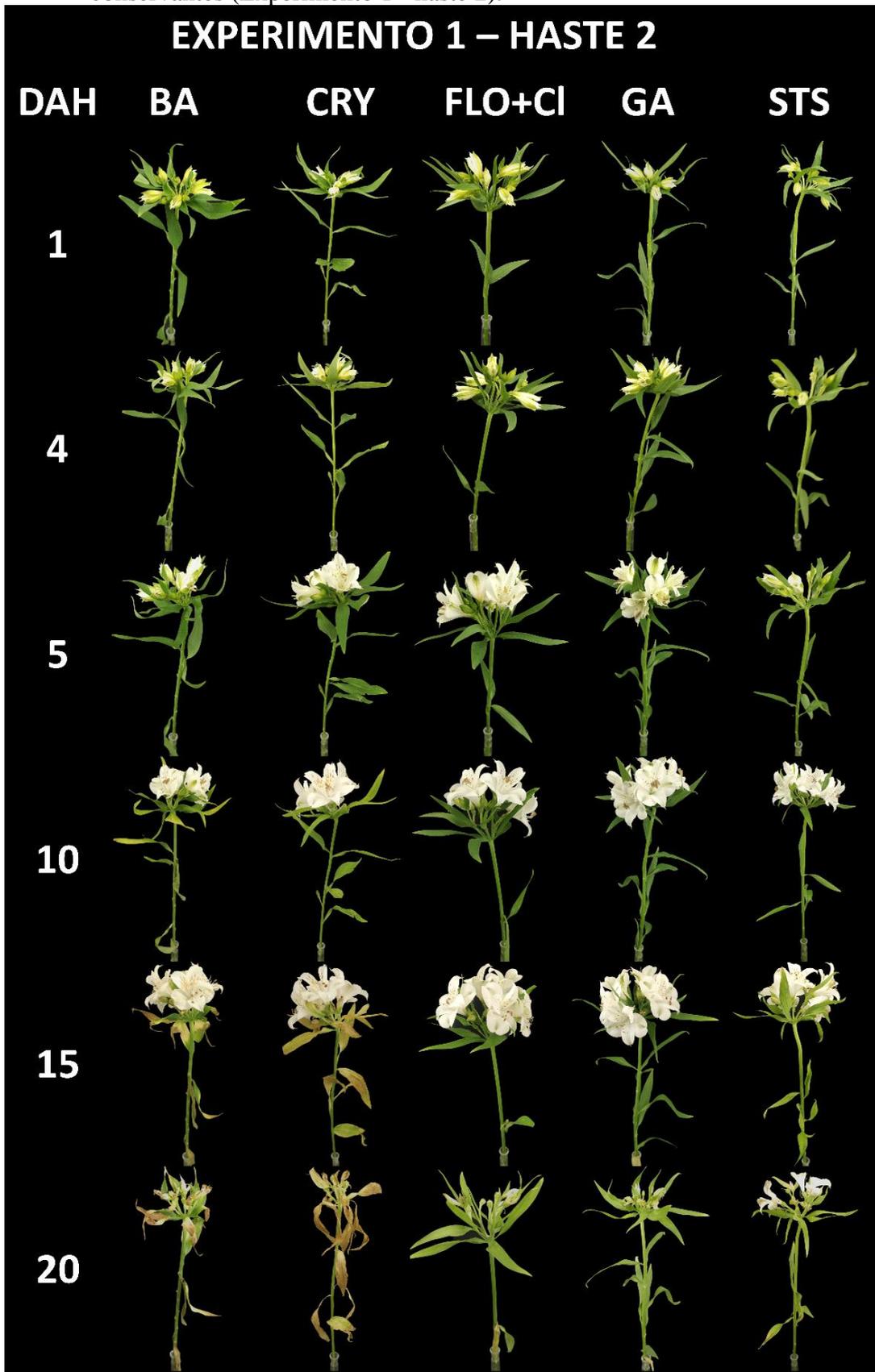
A representação visual das hastes florais tratadas com as soluções conservantes durante as etapas pós-colheita é apresentada por dois exemplares por experimento nas Figuras 18, 19, 20 e 21.

Figura 18 – Morfologia de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 1 - haste 1).



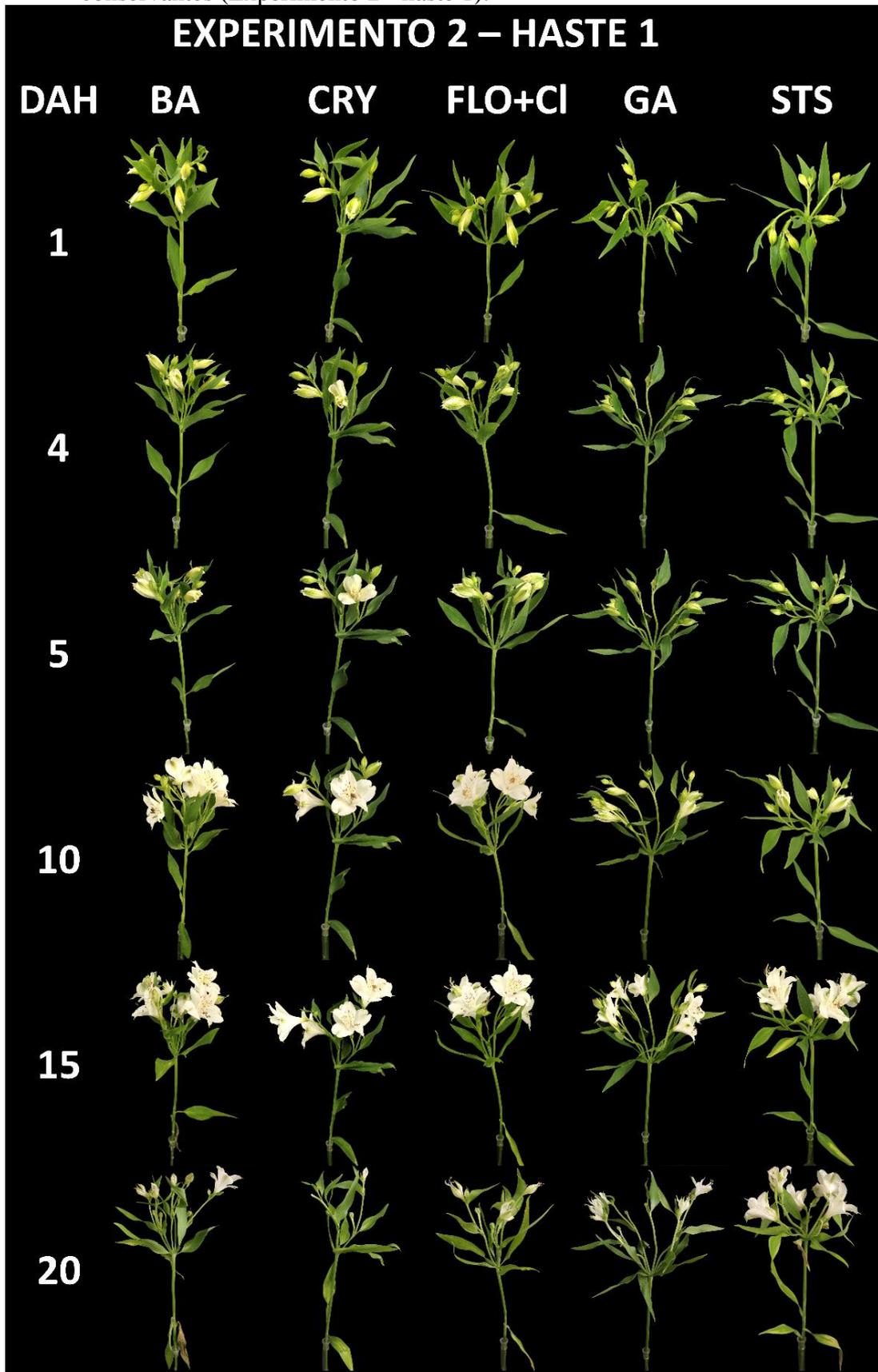
Fonte: Do autor (2023).

Figura 19 – Morfologia de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 1 - haste 2).



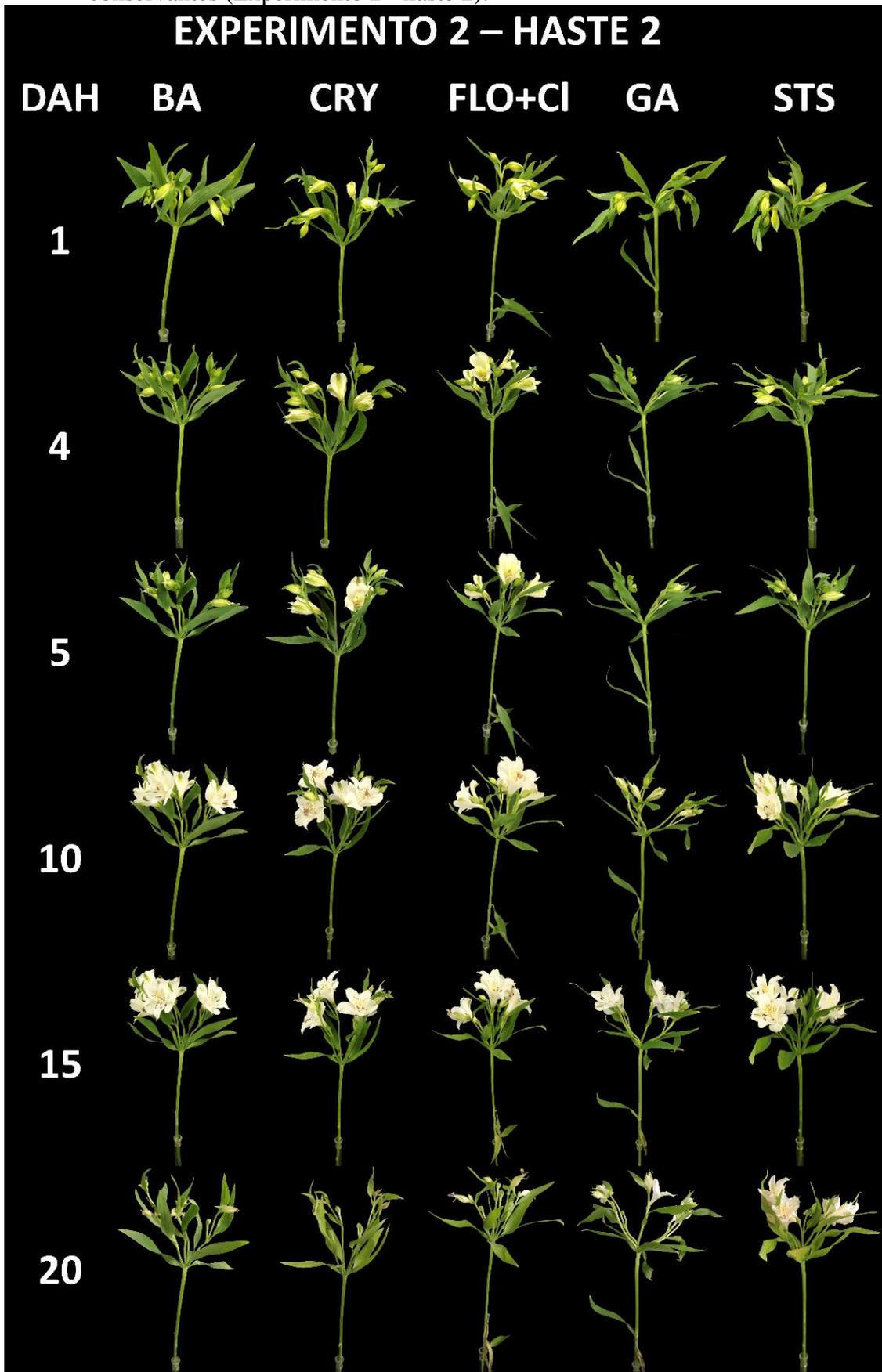
Fonte: Do autor (2023).

Figura 20 – Morfologia de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 2 - haste 1).



Fonte: Do autor (2023).

Figura 21 – Morfologia de *Alstroemeria hybrida* cv. Akemi mantidas em diferentes soluções conservantes (Experimento 2 - haste 2).



Fonte: Do autor (2023).

4 DISCUSSÕES

- a) Temperatura: as temperaturas das soluções pós-colheita não apresentaram diferenças significativas e acompanharam as temperaturas do ambiente.
- b) pH: as análises de pH mostram que apenas o tratamento com CRY apresentou acidez elevada ($\pm 3,5$) em relação aos outros (entre 6,1 e 7,1). O motivo do rápido amarelecimento foliar com CRY pode estar relacionado a acidez, pois é uma solução com formulação nutritiva e o pH pode ter ocasionado desbalanço na absorção dos nutrientes das flores acelerando a senescência. O mesmo é observado por Paixão *et al.* (2023).
- c) Condutividade elétrica: as condutividades elétricas das soluções conservantes não apresentaram diferenças significativas ao longo das etapas pós-colheita de alstroemerias e variaram entre 14,94 e 15,26 uS/cm. Ao longo das avaliações, verificou-se que as soluções atingiram um estado de saturação (15,00 uS/cm) devido a uma limitação do aparelho de medição na capacidade de condutividade elétrica das soluções. As condutividades elétricas nesses níveis sugerem que ocorreu uma liberação substancial de eletrólitos, provenientes de danos celulares.
- d) Vida de vaso: é um dos fatores mais importantes para avaliar a qualidade das flores de corte. O GA₃ 0,1 mM na composição da solução de vaso proporcionou maior longevidade das hastes de alstroemerias, 17,2 dias, aproximando das observações de Paixão *et al.* (2023) (23,0 dias) e superam Yeat *et al.* (2012) (11,4 dias). Estudos com outras dosagens de GA₃ registraram durabilidade de 13,3 dias (100 mg L⁻¹) (ISAPAREH *et al.*, 2014), 11,7 dias (0,5 mM) (TIWARI *et al.*, 2010) e 7,3 dias (300 ppm) (KAVIYA *et al.*, 2021). Os resultados indicam que GA₃ 0,1 mM proporciona maior durabilidade de alstroemerias. No seu modo de ação, este hormônio atua como regulador de crescimento, retarda a senescência foliar, melhora o diâmetro do florete, preserva o conteúdo relativo de água, mantém o teor de clorofila, regula a absorção de água e tem demonstrado efeitos positivos na durabilidade pós-colheita de flores (KAVIYA *et al.*, 2021).

O uso de Florissant 210XC com cloro em alstroemerias é o procedimento pós-colheita realizado pela empresa fornecedora das hastes, que prolongou em 17 dias a vida de vaso, confirmando as observações da empresa de aproximadamente 15 dias. Paixão *et al.* (2023) relataram terem obtido hastes com padrão comercial com até 22 dias. O Florissant 210XC tem formulação comercial especial para o tratamento pós-colheita de alstroemeria, age como

inibidor do processo de senescência foliar evitando o amarelecimento precoce, contribui para restaurar o balanço hormonal, mantendo melhor coloração das flores e folhas (UFO SUPPLIES, 2023). Além disso, o cloro atua como agente antimicrobiano e aumenta a rigidez do caule devido aos íons Ca^{++} (ZHAO *et al.*, 2019; TIMALSINA *et al.*, 2023).

O tiosulfato de prata (2 mM *pulsing* de 1h) apresentou durabilidade das hastes de 16,7 dias, semelhante ao relatado por Chanasut *et al.* (2003) de 16,6 dias (2 mM *pulsing* de 3h) e inferior ao de Paixão *et al.* (2023) de 24,0 dias (2 mM *pulsing* de 1h). Tiwari *et al.* (2010) observaram a vida de vaso de 13,9 dias (0,6 mM). Contudo, o STS 2 mM *pulsing* de 1h manifestou maior longevidade e destaca-se que foi o único tratamento que não houve perda de pétala floral até o final do experimento. Segundo Wagstaff *et al.* (2005), o STS aumenta o tempo de abscisão das pétalas para as cultivares Rebecca e Samora. O STS tem sido largamente usado como preservativo floral, pois o íon de prata bloqueia os efeitos danosos do etileno, reduzindo a abscisão, senescência e murchamento das flores, além de ser eficaz em reduzir o crescimento de microrganismos (SHOKALU *et al.*, 2021).

A 6-benziladenina (200 mg L⁻¹) conservou as hastes por 16,4 dias, confirmando os resultados de Matak *et al.* (2017) de 15,9 dias. A vida de vaso foi superior em relação a menores dosagens como as relatadas por Isapareh *et al.* (2014) de 12,3 dias (100 mg L⁻¹) e Kaviya *et al.* (2021) de 7,7 dias (150 µM). A BA age como regulador de crescimento e tem sido associada à redução da taxa de perda de proteínas e de RNA (CHITARRA; CHITARRA, 2005), inibe a degradação da clorofila, estabiliza a respiração, mantém a membrana celular, retarda a peroxidação lipídica, além de diminuir o extravasamento de íons (KAVIYA *et al.*, 2021).

O *FloraLife Crystal Clear*® apresentou a menor vida de vaso (14,1 dias) e corrobora as observações de Paixão *et al.* (2023). Apesar do produto ter formulação comercial nutritiva às flores de corte, ajudar a manter a fluidez nos caules e manter as flores hidratadas (FLORALIFE, 2023), não apresentou eficiência no resultado para as alstroemerias.

- e) Massa fresca relativa: auxilia na identificação de quaisquer problemas com a absorção de água e nutrientes, permitindo medir o crescimento e desenvolvimento das hastes. Pode ser usada para determinar quais plantas são mais adaptadas a determinadas condições de estresse e ajuda a monitorar a qualidade das flores ao longo do tempo (LANGROUDI *et al.*, 2020). As massas frescas relativas das hastes apresentaram uma tendência crescente até o início da comercialização no 10º DAH. Neste momento, de abertura dos botões florais, verificou-se as maiores massas frescas relativas. No 15º DAH em diante, houve uma tendência decrescente nas massas frescas relativas até o final da senescência, e, simultaneamente, começa a ocorrer menor produção de etileno,

queda no conteúdo relativo de água, declínio da clorofila, aumento no extravasamento de eletrólitos e maior atividade enzimática. Estes resultados confirmam as observações de Soleimany-Fard *et al.* (2013), Langroudi *et al.* (2020) e Kaviya *et al.* (2021). Para a abertura completa dos botões florais, há um elevado consumo de água, levando ao aumento expressivo da massa fresca relativa das hastes de alstroemerias. Em seguida, as flores intensificam a senescência e a morte como resultado da perda de água e da redução de massa.

- f) Clorofila: basicamente, a senescência é acompanhada pela degradação da clorofila e amarelecimento das folhas em alstroemerias (FERRANTE *et al.*, 2002). Além disso, por ser uma flor de corte, isso acarreta na menor absorção de água, declínio do turgor e rompimento das membranas celulares, contribuindo assim para o aumento da clorose foliar e perda do valor ornamental (SHEN *et al.*, 2017). A sensibilidade ao etileno das alstroemerias também é mais uma razão para a perda de clorofila nas folhas, causando o aumento da taxa de senescência dos tecidos (KAVIYA *et al.*, 2021). A degradação da clorofila foi mais significativa a partir do 10º DAH, corroborando o estudo de Soleimany-Fard *et al.* (2013). Neste momento, no estágio de abertura dos botões florais, ocorreram as maiores produções de etileno, favorecendo a senescência. Isso coincide com o início da queda do conteúdo relativo de água das folhas, interferindo no funcionamento das células, e com o aumento do extravasamento de eletrólitos, ocasionado pela perda de integridade das células. Isso enfatiza a correlação entre essas respostas fisiológicas. As hastes com uso de GA₃ registraram variação de apenas 12% nos 20 dias de experimento, mostrando-se eficiente em inibir a deterioração da clorofila foliar. A vida de vaso finalizada pela perda da turgescência e queda das flores. A eficiência do GA₃ 0,1 mM é corroborada por Paixão *et al.* (2023) e Yeat *et al.* (2012), que relataram a manutenção do teor de clorofila e do verde foliar por até 39,4 dias. FLO + Cl manteve o teor de clorofila com variação de 22% durante o experimento, enquanto o nutriente floral CRY registrou queda de 60%, confirmando as observações de Paixão *et al.* (2023). A baixa eficiência do CRY pode estar relacionada ao pH ácido da solução ($\pm 3,5$).
- g) Conteúdo relativo de água: o corte das hastes florais acelera os processos de senescência pela limitação na capacidade de absorver água, de modo que a absorção de água e a transpiração ficam desequilibradas, o turgor celular desaparece e as hastes sofrem com o murchamento precoce (REN *et al.*, 2017). Houve pouca variação no conteúdo relativo de água das folhas de alstroemeria nas etapas de colheita, armazenamento, transporte e

no início da comercialização. A partir do 15º DAH, os sintomas de murcha são aparentes, e a perda de água nas folhas começa a intensificar. No 20º DAH, observa-se uma redução acentuada e os menores conteúdos relativos de água, uma perda de aproximadamente 15% em relação ao conteúdo inicial. As soluções de GA₃, FLO + Cl e STS foram as mais eficientes em reter água nas folhas, tiveram as maiores durabilidades de vaso, os maiores teores de clorofila e menor extravasamento de eletrólitos. Esses resultados comprovam a importância de manter as hastes em níveis apropriados do estado hídrico e correlacionam-se com o teor de clorofila, conforme Shen *et al.* (2017) afirmam que a menor absorção de água acarreta o declínio do turgor e, portanto, a degradação da clorofila.

- h) Extravasamento de eletrólitos: estima a alteração da permeabilidade da membrana em resposta a estresses ambientais, déficit hídrico, crescimento, desenvolvimento e variação genotípica, indicando o processo de senescência (AMIN *et al.*, 2022). A preservação da integridade da parede celular reduz o extravasamento de eletrólitos e estende a longevidade de flores de corte como a alstroemeria (KABARI; SOLIMANDARABI, 2019). Na colheita, houve maior extravasamento de eletrólitos que nas etapas de armazenamento e transporte, o que pode ter sido influenciado pelo estresse do corte das hastes. No entanto, no armazenamento e transporte ainda foram maiores que no 10º DAH, e o resfriamento condicionado pode ter contribuído. O excesso de frio causa danos às membranas celulares, e os sintomas resultam, em parte, do extravasamento de eletrólitos (KAZEMI *et al.*, 2011). No 10º DAH, houve os menores extravasamentos de eletrólitos e as maiores massas frescas relativas, o que aponta a importância da hidratação das hastes florais para a integridade das células. Em seguida, como observado no decorrer da senescência das hastes de alstroemerias, a permeabilidade e estabilidade das membranas celulares diminuem, e conseqüentemente, aumenta o extravasamento de eletrólitos, acelerando os sintomas de senescência (LEVERENTZ *et al.*, 2002). A vida de vaso apresentou semelhanças com o extravasamento de eletrólitos. Os tratamentos com menos extravasamento de eletrólitos apresentaram as maiores vidas de vaso.
- i) Produção de etileno: o etileno é um importante fator acelerador do envelhecimento dos órgãos vegetais, especialmente em culturas climatéricas como as alstroemerias, e sua produção na fase final de desenvolvimento da flor aumenta a abscisão do perianto (WAGSTAFF *et al.*, 2002; CHANASUT *et al.*, 2003). Durante as etapas de colheita, armazenamento e transporte, as produções de etileno foram baixas e podem estar

relacionadas ao estágio inicial de desenvolvimento das hastes antes da abertura dos botões florais e ao acondicionamento a frio que diminui o metabolismo das plantas. O aumento na produção de etileno ocorreu de forma expressiva em um curto período de tempo no 10º DAH, durante abertura dos botões florais, e depois diminuiu na mesma proporção. O STS foi a solução mais eficiente em inibir a produção do etileno e apresentou menor variação entre as etapas. Destaca-se que foi o único tratamento que não ocorreu abscisão de nenhuma pétala até o final do experimento e teve sua vida de vaso finalizada pelo amarelecimento foliar. Estudos de Wagstaff *et al.* (2005) confirmam que a capacidade do STS de retardar a abscisão do perianto em alstroemerias sugere que o etileno desempenha a função de coordenação de abscisão, uma vez que o STS bloqueia o receptor de etileno. Em outra ocasião, o GA₃ e BA, que apresentaram as maiores produções de etileno no 10º DAH, tiveram a vida de vaso finalizada pela queda e senescência das pétalas, indicando que estes não foram eficientes em inibir os efeitos deletérios do etileno, como a abscisão do perianto. O CRY foi o tratamento que menos produziu etileno, somando todas as etapas, e teve a menor vida de vaso. Porém, isso pode ser explicado devido ao pH ácido da solução ($\pm 3,5$), que pode ter influenciado em alterações nos metabolismos das hastes e antecipado os sintomas de senescência. No 20º DAH, as produções de etileno foram baixas e estão relacionadas com o estágio final de senescência das hastes, a queda das pétalas florais e o decréscimo da massa fresca relativa, o mesmo é observado por Wagstaff *et al.* (2005) na cultivar Samora.

Avaliações bioquímicas: à medida que ocorre o envelhecimento, os radicais livres de oxigênio são continuamente produzidos, resultando no acúmulo de H₂O₂ e MDA nos tecidos vegetais (XIA *et al.*, 2017). Enzimas antioxidantes, como SOD, POD, CAT e APX, reduzem o envelhecimento e o murchamento de flores de corte, suprimindo as EROs e reduzindo os danos causados pelos fatores estressantes (XU *et al.*, 2014). Houve um comportamento semelhante das enzimas CAT, POD, SOD e APX nas etapas pós-colheita de alstroemerias. Na colheita, as atividades enzimáticas foram maiores que nas etapas de armazenamento e transporte, o que pode ter sido influenciado pelo acondicionamento em ambiente refrigerado. Temperaturas mais baixas retardam as atividades metabólicas, diminuem a taxa de respiração que libera energia nas células e desfavorecem a atividade enzimática (LIU *et al.*, 2024). Em seguida, a partir do 10º DAH na etapa de comercialização, as atividades enzimáticas tiveram tendência crescente no momento em que os sintomas de senescência são acentuados, ocorre maior perda de água, extravasamento de eletrólitos e deterioração da clorofila. Em temperatura ambiente, as enzimas são favorecidas, e há um aumento nas atividades metabólicas (LIU *et al.*, 2024).

- j) Superóxido dismutase (SOD – EC 1.15.1.1): converte o oxigênio prejudicial em peróxido de hidrogênio menos reativo. Sua atividade está relacionada à defesa antioxidante das plantas, sendo relatada em aplicações de reguladores de crescimento em vegetais, estresses, entre outros (QU *et al.*, 2020). As análises da SOD demonstram a relação com a redução do peróxido de hidrogênio e evidenciam a importância dessa enzima como defesa antioxidante em alstroemerias. Quanto maior atividade enzimática da SOD, menor H_2O_2 e vice-versa.
- k) Catalase (CAT – EC 1.11.1.6): proporciona aumento na tolerância ao estresse oxidativo e é indispensável para desintoxicação das células das plantas em condições de estresses. São responsáveis pela dismutação direta de H_2O_2 em H_2O e O_2 (ISAPAREH *et al.*, 2014). As atividades da CAT evidenciam a importância da enzima como defesa antioxidante nos processos de senescência na redução do H_2O_2 em alstroemerias. Quanto maior a atividade desta enzima, menor o acúmulo do H_2O_2 e vice-versa. Além disso, aumentar o tempo de permanência das flores na solução de vaso leva a um aumento significativo da atividade da catalase (NASIRI *et al.*, 2020), como observado na etapa de comercialização, principalmente no final da senescência.
- l) Peroxidase (POD – EC 1.11.1.7): conhecida como enzima do escurecimento enzimático, é capaz de neutralizar o efeito tóxico do oxigênio livre do H_2O_2 e, assim, prevenir a senescência das flores. Age como uma proteção antioxidativa e é ativada ligeiramente após qualquer ataque danoso à planta no campo e/ou pós-colheita (ISAPAREH *et al.*, 2014). As atividades da POD comprovam a existência da relação indireta com o H_2O_2 e revelam a importância da enzima como proteção antioxidante. Quanto maior a atividade desta enzima, menor o acúmulo do H_2O_2 e vice-versa. Além disso, temperaturas mais baixas inibem as atividades da POD, como evidenciado pela ausência de escurecimento das flores de corte durante o armazenamento. Por outro lado, o armazenamento à temperatura ambiente aumenta a atividade dessa enzima (GALATI *et al.*, 2021). Essas afirmações são confirmadas neste estudo, durante as etapas de armazenamento e transporte, as atividades da POD foram menores que na etapa de comercialização.
- m) Ascorbato peroxidase (APX - EC 1.11.1.11): é uma das principais enzimas do metabolismo antioxidante em organismos fotossintetizantes e possui papel central nas respostas a diferentes estresses ambientais. Catalisa a decomposição do H_2O_2 em água utilizando o ácido ascórbico (AsA) como doador de elétrons (CAVERZAN *et al.*, 2012). Aumentar o tempo de permanência das flores de alstroemeria em solução de vaso levou

a um aumento significativo da atividade da APX, conforme apontam os resultados, uma tendência crescente na etapa de comercialização. As atividades da APX corroboram a existência da relação indireta com a quantificação do H_2O_2 . Os resultados admitem a importância da APX como defesa antioxidante. Quanto maior a atividade desta enzima, menor é a quantificação de H_2O_2 e vice-versa.

- n) Peróxido de hidrogênio (H_2O_2): é uma das espécies reativas de oxigênio mais importantes e é produzida naturalmente em plantas como um subproduto do metabolismo celular. À medida que as flores envelhecem, produzem mais peróxido de hidrogênio (XIA *et al.*, 2017). No entanto, o H_2O_2 causa estresse oxidativo e toxidez em altas concentrações nas plantas, causando danos às membranas celulares e às estruturas internas (XIA *et al.*, 2017). As maiores quantificações do H_2O_2 foram nas etapas de transporte e no início da comercialização, momento em que as atividades enzimáticas foram menores. A partir da etapa de comercialização e com o avanço da senescência, houve uma redução no acúmulo de H_2O_2 e pode estar relacionado ao aumento das atividades enzimáticas antioxidantes.
- o) Peroxidação lipídica (MDA): é um processo de degradação dos lipídios das membranas celulares que ocorre devido à ação de radicais livres. O aumento da permeabilidade da membrana é um atributo característico dos tecidos vegetais senescentes. A perda da integridade da membrana está intimamente relacionada com modificações dos lipídios, principalmente devido à peroxidação. Em plantas de corte, a peroxidação lipídica é um problema significativo, pois pode causar danos e levar à morte celular e, conseqüentemente, à deterioração da qualidade da haste (SU *et al.*, 2019). Nas etapas de colheita, armazenamento e transporte, houve elevada quantificação de MDA e pode ser explicado pelo alto estresse da colheita, pelo corte das hastes e pelo resfriamento condicionado. O excesso de frio causa danos às membranas celulares (KAZEMI *et al.*, 2011). No 10° DAH, ocorreram as maiores massas frescas relativas das hastes e, portanto, as plantas tinham maior conteúdo de água. Neste momento, as quantificações de MDA apresentaram decréscimo em relação às etapas anteriores. O mesmo é observado no 15° DAH, quando as hastes ainda apresentavam mais de 100% da massa fresca relativa e menor quantificação de MDA. Já no 20 ° DAH, há um aumento significativo da quantificação do MDA e simultaneamente uma redução drástica da massa fresca relativa das hastes. Estes resultados corroboram estudos de Xia *et al.* (2017) sobre a importância da preservação da água nas células na conservação da integridade das membranas celulares e comprovam a afirmação de Ezhilmathi *et al.*

(2007) de que a taxa de peroxidação lipídica aumenta com a senescência das flores, de modo que a integridade das membranas é gradualmente perdida ao longo do tempo, agravando a perda de água e levando à morte celular.

5 CONCLUSÕES

O ácido giberélico, o Florissant 210XC com cloro e o tiosulfato de prata proporcionaram maior durabilidade na vida de vaso. O ácido giberélico e o Florissant 210XC com cloro foram os mais eficientes em retardar o amarelecimento foliar e tiveram a vida de vaso finalizada pela abscisão do perianto. Enquanto o tiosulfato de prata foi o mais eficiente em reter a produção de etileno, foi o único em que não ocorreu abscisão do perianto e teve sua vida de vaso finalizada pelo amarelecimento foliar. A solução nutritiva *FloraLife Crystal* apresentou rápido amarelecimento foliar e pode estar relacionada com o pH ácido que ocasiona desbalanço na absorção dos nutrientes pelas hastes florais.

Nas etapas de colheita, armazenamento e transporte, houve pouca variação da massa fresca relativa, do teor de clorofila, do conteúdo relativo de água e da produção de etileno. Durante a etapa de comercialização, houve maior perda da massa fresca relativa, do teor de clorofila e do conteúdo relativo de água. O etileno apresentou maior produção no momento da abertura dos botões florais e depois caiu até final da senescência.

As enzimas CAT, POD, SOD e APX na etapa de colheita tiveram maior ativação, provavelmente pelo estresse ocorrido pelo corte das hastes. Nas etapas de armazenamento e transporte, em ambiente refrigerado, as atividades específicas foram reduzidas. Na etapa de comercialização, houve maior atividade das enzimas em tendência crescente até o final da senescência. As enzimas tiveram efeito positivo em reduzir o acúmulo do peróxido de hidrogênio e não demonstraram efeito direto com a peroxidação lipídica.

Sugere-se o uso de ácido giberélico ou Florissant 210XC com cloro como preservativos florais na cadeia pós-colheita de produção de alstroemerias e investigar a mistura com tiosulfato de prata, pois se houver sinergia a vida de vaso pode ser beneficiada.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudos; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Universidade Federal de Lavras (UFLA), por permitir a realização do experimento em suas instalações; ao Grupo Reijers pelo apoio e fornecimento das hastes florais.

REFERÊNCIAS

- AMIN, M.; NADERI, R.; SEDAGHATHOOR, S.; KALATEHJARI, S. Pre and post-harvest effect of gibberellic acid and salicylic acid on cut branches of *Asparagus umbellatus*. **Ornamental Horticulture**, v. 28, n. 3, p.323-331, 2022.
- ARAUS, J.L.; HOGAN, K.P. Leaf structure and patterns of photoinhibition in two neotropical palms in clearings and forest understory during the dry season. **American Journal of Botany**, v. 81, n. 6, p. 726-738, 1994.
- BAZAZ, A.M.; TEHRANIFAR, A. Effect of ethanol, methanol and essential oils as novel agents to improve vase-life of Alstroemeria flowers. **Journal of Biological and Environmental Sciences**, v. 14, n. 5, p. 41-46, 2011.
- BIEMELT, S.; KEETMAN, U.; ALBRECHT, G. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, v. 116, n. 2, p.651-658, 1998.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 248-254, 1976.
- BUEGE, J.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. **In Methods in Enzymology**, v. 52, p. 302-310, 1978.
- CAVERZAN, A.; PASSAIA, G.; ROSA, S.B.; RIBEIRO, C.W.; LAZZAROTTO, F.; MARGIS-PINHEIRO, M. Plant responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection. **Genetics and Molecular Biology**, v. 35, p. 1011-1019, 2012.
- CHANASUT, U.; ROGERS, H. J.; LEVERENTZ, M.K.; GRIFFITHS, G.; THOMAS, B.; WAGSTAFF, C.; STEAD, A. D. Increasing flower longevity in Alstroemeria. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, n. 3, p. 325-333, 2003
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e amp. Lavras: UFLA, 2005. p.785.
- EZHILMATHI, K.; SINGH, V.P.; ARORA, A.; SAIRAM, R.K. Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of Gladiolus cut flowers. **Plant Growth Regulation**, v. 51, p. 99-108, 2007.
- FANG, W.; KAO, C.H. Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. **Plant Science**, v. 158, n. 1-2, p. 71-76, 2000.
- FERRANTE, A.; HUNTER, D.A.; HACKETT, W.P.; REID, M.S. Thidiazuron-a potent inhibitor of leaf senescence in alstroemeria. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 3, p. 333-338, 2002.
- FLORALIFE. FloraLife® Postharvest Products. Experts in Flower Care. **FloraLife Crystal Clear® Flower Food**. 2023. Disponível em: <https://floralife.com/product/floralife-flower-food-300-packets/>. Acesso em: 09 out 2023.

GALATI, V.C.; MUNIZ, A.C.C.; GUIMARÃES, J.E.R.; MATTIUZ, C.M.F.; MATTIUZ, B. H. Conservation of Alstroemeria cut flowers stored under refrigeration. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 43, 2021.

GIANNOPOLITIS, C.N.; RIES, S.K. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

GIRARDI, L.B.; NEU, J.; MAZZANTI, A.M.; DA SILVA, L.O.; RODRIGUES, M.A. Longevidade pós-colheita de alstroemeria x híbrida em diferentes ambientes de preservação. **Revista de Agricultura**, v. 90, n. 3, p. 284-292, 2015. ht

HAVIR, E.A.; MCHALE, N.A. Biochemical and Developmental Characterization of Multiple Forms of Catalase in Tobacco Leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987.

IBRAFLOR. Instituto Brasileiro de Floricultura. **O mercado de flores no Brasil**. 2021. Disponível em: https://354d6537-ca5e-4df4-8c1b-3fa4f2dbe678.filesusr.com/ugd/b3d028_e002f96eeb81495ea3e08362b49881a3.pdf. Acesso em: 09 out. 2023.

ISAPAREH, A.; HATAMZADEH, A.; GHASEMNEZHAD, M. The effect of natural essential oil carvacrol and some growth regulators on vase life of cut flowers of *Alstroemeria* cv. Bridal. **Journal of Ornamental Plants**, v. 4, n. 2, p. 115-122, 2014. Disponível em: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.28210093.1393.4.2.8.4>. Acesso em: 10 out. 2023.

JOWKAR, M.M. Effects of chlorination and acidification on postharvest physiological properties of alstroemeria, cv. 'Vanilla' and on microbial contamination of vase solution. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 56, n. 4, p. 478-486, 2015.

KAVIYA, S.S.; LOURDUSAMY, M.G.K.; VINCENT, S. Influence of pre-harvest sprays on flower quality and vase life of alstroemeria. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 10, p. 429-433, 2021.

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.

LANGROUDI, M.E.; HASHEMABADI, D.; KALATEJARI, S.; ASADPOUR, L. Effects of pre- and postharvest applications of salicylic acid on the vase life of cut alstroemeria flowers (*Alstroemeria hybrida*). **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, v. 3, n. 1, p. 115-124, 2020.

LEVERENTZ, M.K.; WAGSTAFF, C.; ROGERS, H.J.; STEAD, A.D.; CHANASUT, U.; SILKOWSKI, H.; THOMAS, B.; WEICHERT, H.; FEUSSNER, I.; GRIFFITHS, G. Characterization of a novel lipoxygenase-independent senescence mechanism in *Alstroemeria peruviana* floral tissue. **Plant Physiology**, v. 130, n. 1, p. 273-283, 2002.

- LIMA, A.A.; SANTOS, I.S.; TORRES, M.E.L.; CARDON, C.H.; CALDEIRA, C.F.; LIMA, R.R.; DAVIES, W.J.; DODD, I.C.; CHALFUN-JUNIOR, A. Drought and re-watering modify ethylene production and sensitivity, and are associated with coffee anthesis. **Environmental and Experimental Botany**, v. 181, p. 104289, 2021.
- LIU, Z.; LUO, Y.; LIAO, W. Postharvest physiology of fresh-cut flowers. **Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Post-Harvest Physiology of Horticultural Crops**, p. 23-42, 2024.
- LUTTS, S.; KINET, J. M.; BOUHARMONT, J. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. **Journal of Experimental Botany**, v. 46, n. 12, p. 1843-1852, 1995.
- MATAK, S.A.; HASHEMABADI, D.; KAVIANI, B. Changes in postharvest physio-biochemical characteristics and antioxidant enzymes activity of cut *Alstroemeria aurantiaca* flower as affected by cycloheximide, coconut water and 6-benzyladenine. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 2, p. 321-332, 2017.
- MONYA, M.; ARIINA, M.S.; PERTIN, M.; ANNA, Y.; LOHE, V. Enhancing Vase Life Of Alstroemeria Through Various Treatments. **Just Agriculture**, v. 2, n. 2, 2021. Disponível em: <https://justagriculture.in/files/newsletter/2021/october/053.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.
- NAGHILOO, S.; SOLEIMANI, A.; RABIEI, V.; KHALIGHI, A.; HARAKINEJAD, M. Screening eight cultivars of Alstroemeria cut flower for vase life and biochemical traits. **Journal of Ornamental Plants**, v. 10, n. 2, p. 89-98, 2020. Disponível em: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22516433.2020.10.2.3.5>. Acesso em: 10 out. 2023.
- NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>. Acesso em: 10 out. 2023.
- NASIRI, A.; AHMADI, N.; MOVAHED, G. Effects of 1MCP and ethylene on preservation of quality and vase life of Alstroemeria (cvs. Hercules and Mayfair) cut flowers. **Advances in Horticultural Science**, v. 34, 2020.
- PAIXÃO, C.O.; PAIVA, P.D.O.; REIS, M.V. **Fonte de água e efetividade de diferentes conservantes em pós-colheita de alstroeméria**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2023.
- PAL, S.L. Role of plant growth regulators in floriculture: An overview. **Journal of Pharmacognosy and phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 789-796, 2019. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue3/PartO/8-2-617-729.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.
- PINTOS, F.; NICO, A.; RODONI, L.; CIEZA, R.; HASPERUÉ, J. Postharvest illumination of alstroemeria: Effect of light quality on flower metabolism and shelf life. **Postharvest Biology and Technology**, v. 201, p. 112346, 2023.

QU, Y.; JIANG, L.; WUYUN, T.; MU, S.; XIE, F.; CHEN, Y.; ZHANG, L. Effects of exogenous putrescine on delaying senescence of cut foliage of *Nephrolepis cordifolia*. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 566824, 2020.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 2023.

REN, P.J.; JIN, X.; LIAO, W. B.; WANG, M.; NIU, L.J.; LI, X.P.; XU, X.T.; ZHU, Y.C. Effect of hydrogen-rich water on vase life and quality in cut lily and rose flowers. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 58, p. 576-584, 2017. h

SHEN, Y.; LI, J.; GU, R.; YUE, L.; ZHAN, X.; XING, B. Phenanthrene-triggered Chlorosis is caused by elevated Chlorophyll degradation and leaf moisture. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 1311-1321, 2017.

SHOKALU, A.O.; ISRAEL, J.; MOSUNMOLA, O.; ENIOLA, O.; GIFT, E.; ADEBAYO, A.; HENRY, A. Aloe vera and STS solution on microbial population and vase life of Heliconia cut flowers. **Ornamental Horticulture**, v. 27, p. 470-475, 2021.

SOLEIMANY-FARD, E.; HEMMATI, K.; KHALIGHI, A. Improving the keeping quality and vase life of cut alstroemeria flowers by pre and post-harvest salicylic acid treatments. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 5, n. 3, p. 364-370, 2013.

TIMALSINA, S.; POUDEL, P.R.; ACHARYA, A.K.; PATHAK, R.; PUN, U.K. Effect of calcium chloride and floral preservatives in the vase life of gerbera cut flower. **Nepal Agriculture Research Journal**, v. 15, n. 1, p. 125-135, 2023.

TIWARI, A.K.; BISHT, P.S.; VIJAI, K.; YADAV, L.B. Effect of pulsing with PGRs on leaf yellowing and other senescence indicators of Alstroemeria cut flowers. **Annals of Horticulture**, v. 3, n. 1, p.34-38, 2010. Disponível em: <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ah&volume=3&issue=1&article=005>. Acesso em: 10 out. 2023.

TOSCANO, S.; TRIVELLINI, A.; FERRANTE, A.; ROMANO, D. Physiological mechanisms for delaying the leaf yellowing of potted geranium plants. **Scientia Horticulturae**, v. 242, p. 146-154, 2018.

UFO SUPPLIES. **Florissant 210XC**. 2023. Disponível em: <https://ufosupplies.nl/product/florissant-210xc/>. Acesso em: 09 out. 2023.

VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. **Plant Science**, v. 151, n. 1, p. 59-66, 2000.

WAGSTAFF, C.; CHANASUT, U.; HARREN, F.J.; LAARHOVEN, L.J.; THOMAS, B.; ROGERS, H.J.; STEAD, A.D. Ethylene and flower longevity in Alstroemeria: relationship between tepal senescence, abscission and ethylene biosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, n. 413, p. 1007-1016, 2005.

WAGSTAFF, C.; LEVERENTZ, M. K.; GRIFFITHS, G.; THOMAS, B.; CHANASUT, U.; STEAD, A. D.; ROGERS, H. J. Cysteine protease gene expression and proteolytic activity during senescence of Alstroemeria petals. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 367, p. 233-240, 2002.

XIA, Q.H.; ZHENG, L. P.; ZHAO, P.F.; WANG, J.W. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Artemisia annua* callus for inhibiting stem-end bacteria in cut carnation flowers. **IET Nanobiotechnology**, v. 11, n. 2, p. 185-192, 2017.

XU, F.; SHI, L.; CHEN, W.; CAO, S.; SU, X.; YANG, Z. Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 175, p. 181-186, 2014.

YEAT, C.S.; SZYDLIK, M.; ŁUKASZEWSKA, A.L. The effect of postharvest treatments on flower quality and vase life of cut alstroemeria ‘dancing queen’ **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research** v. 20, n. 2, p.147-160, 2012.

ZHAO, D.; TANG, Y.; XIA, X.; SUN, J.; MENG, J.; SHANG, J.; TAO, J. Integration of transcriptome, proteome, and metabolome provides insights into how calcium enhances the mechanical strength of herbaceous peony inflorescence stems. **Cells**, v. 8, n. 2, p. 102, 2019.