

ARIANA MOTA PEREIRA

**AÇÃO DO METIL JASMONATO E DO ÁCIDO SALICÍLICO
NA REDUÇÃO PÓS-COLHEITA DA INJÚRIA POR FRIO EM
*Strelitzia reginae***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

P436a
2015
Pereira, Ariana Mota, 1991-
Ação do metil jasmonato e do ácido salicílico na redução
pós-colheita da injúria por frio em *Strelitzia reginae* / Ariana
Mota Pereira. – viçosa, MG, 2015.
ix, 68f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.55-68.

1. *Strelitzia reginae* - Pós-colheita. 2. *Strelitzia reginae* -
Efeito da temperatura. 3. Metil jasmonato. 4. Ácido salicílico.
5. Hormônios. 6. Qualidade. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em
Fisiologia Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 584.39

ARIANA MOTA PEREIRA

**AÇÃO DO METIL JASMONATO E DO ÁCIDO SALICÍLICO
NA REDUÇÃO PÓS-COLHEITA DA INJÚRIA POR FRIO EM
*Strelitzia reginae***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de julho de 2015

Teresa Drummond Correia Mendes
Teresa Drummond Correia Mendes

Ana Paula Sato Ferreira
Ana Paula Sato Ferreira

Fernando Luiz Finger

Fernando Luiz Finger
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Obrigada a todos que de alguma forma puderam contribuir para a finalização de mais essa etapa em minha vida.

De modo especial quero agradecer aos meus pais João Bosco Pereira de Souza e Nilza da Silva Mota Pereira por todo apoio e carinho.

A minha irmã Larissa Mota Pereira por ser o meu xodó.

Ao meu namorado Mateus de Paula Gomes por todo companheirismo, paciência e amor, por ser minha companhia nos entediados dias de estudo, pois mesmo estando longe se fez tão presente.

A toda minha família, em especial às minhas avós.

Ao professor Fernando Luiz Finger, meu orientador, pela oportunidade, apoio, ensinamento e confiança.

À Universidade Federal Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós - Graduação em Fisiologia Vegetal pela oportunidade de realização desse curso e a CAPES pela concessão da bolsa.

À equipe do Laboratório de Pós - Colheita pelo aprendizado, apoio e amizade.

Aos funcionários do laboratório de Pós - Colheita e da horta pelo apoio na realização das pesquisas.

Aos colegas do curso de Pós - Graduação em Fisiologia Vegetal, pelos momentos divertidos.

Aos amigos da república, do curso de Agronomia e de São Miguel pela amizade e companhia.

Muito Obrigada!

BIOGRAFIA

Ariana Mota Pereira, filha de João Bosco Pereira de Souza e Nilza da Silva Mota Pereira, nasceu no dia 13 de agosto de 1991, em Viçosa - Minas Gerais.

Cursou o ensino médio na Escola Estadual Pedro Lessa em São Miguel do Anta - Minas Gerais, finalizando no ano de 2008, quando ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa - UFV.

Sendo bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – PIBITI/CNPq durante três anos.

Em 2014 graduou-se em Agronomia pela UFV, iniciando o curso de mestrado em Fisiologia Vegetal na mesma instituição, na área de atuação em fisiologia e conservação pós - colheita de produtos hortícolas e plantas ornamentais.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. CAPÍTULO 1 - AÇÃO DO PULSING COM METIL JASMONATO NA REDUÇÃO PÓS - COLHEITA DA INJÚRIA POR FRIO EM <i>Strelitzia reginae</i>	4
RESUMO.....	4
2.1 INTRODUÇÃO.....	5
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	7
2.2.1 Absorção de água	9
2.2.2 Taxa transpiratória	9
2.2.3 Massa fresca	10
2.2.4 Extravasamento de eletrólitos	10
2.2.5 Atividade da peroxidase	10
2.2.6 Compostos fenólicos	11
2.2.7 Análise estatística.....	11
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
2.3.1 Absorção de água	12
2.3.2 Taxa transpiratória	15
2.3.3 Massa fresca	17
2.3.4 Extravasamento de eletrólitos	20
2.3.5 Atividade da peroxidase	23
2.3.6 Compostos fenólicos.....	27
2.4 CONCLUSÕES.....	30

3. CAPÍTULO 2 - AÇÃO DO PULSING COM ÁCIDO SALICÍLICO NA REDUÇÃO PÓS - COLHEITA DA INJÚRIA POR FRIO EM <i>Strelitzia reginae</i>	31
RESUMO.....	31
3.1 INTRODUÇÃO.....	32
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.2.1 Absorção de água	34
3.2.2 Taxa transpiratória	35
3.2.3 Massa fresca	35
3.2.4 Extravasamento de eletrólitos	35
3.2.5 Atividade da peroxidase	36
3.2.6 Compostos fenólicos.....	36
3.2.7 Análise estatística	36
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.3.1 Absorção de água	37
3.3.2 Taxa transpiratória	39
3.3.3 Massa fresca	41
3.3.4 Extravasamento de eletrólitos	45
3.3.5 Atividade da peroxidase	49
3.3.6 Compostos fenólicos.....	52
3.4 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
CONCLUSÕES GERAIS.....	68

RESUMO

PEREIRA, Ariana Mota, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Ação do metil jasmonato e do ácido salicílico na redução pós-colheita da injúria por frio em *strelitzia reginae***. Orientador: Fernando Luiz Finger.

Objetivou-se com este trabalho determinar a ação do pulsing com metil jasmonato (MJ) e ácido salicílico (AS) na qualidade e redução pós-colheita da injúria por frio em flores de corte de *Strelitzia reginae*. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, as hastes foram colocadas em soluções de pulsing com 20% de sacarose acrescida de MJ nas concentrações de 100, 250 e 400 μM e o controle (sem MJ) por 24 horas. No segundo experimento, as hastes foram colocadas em soluções de pulsing com 20% de sacarose com adição de AS nas doses de 2, 4 e 6 mM e o controle (sem AS) por 24 horas. Posteriormente, as hastes de ambos os experimentos foram acondicionadas em recipientes com água destilada durante 28 dias a 5°C, para indução da injúria por frio e à temperatura ambiente por 7 dias. As análises realizadas foram determinadas semanalmente a 5°C e no início e final do armazenamento à temperatura ambiente em relação à taxa de absorção de água, taxa transpiratória, massa fresca (MF), extravasamento de eletrólitos, atividade da peroxidase (POD) e dos compostos fenólicos das brácteas e sépalas. Houve redução linear na taxa de absorção de água pelas hastes em todos os tratamentos a 5°C, com menor redução na dose de 250 μM de MJ e maior absorção com 100 μM nos dias 14 e 21. O MJ não foi eficiente em reduzir a taxa transpiratória e manter a MF das flores a 5°C. Houve aumento do extravasamento de eletrólitos no último dia de avaliação em relação ao dia zero, sendo superior em brácteas tratadas com MJ. A atividade da POD das brácteas a 5°C foi reduzida apenas com o uso de 100 μM de MJ, enquanto nas sépalas todas as doses de MJ aumentaram a atividade da POD. A 5°C, as brácteas tratadas com 250 e 400 μM de MJ e as sépalas a 250 μM obtiveram menor aumento dos compostos fenólicos no último dia de avaliação em relação ao dia zero. O tratamento com MJ à temperatura ambiente reduziu a absorção de água, o extravasamento de eletrólitos e compostos fenólicos das brácteas no dia 0. No entanto, a temperatura ambiente o MJ não foi efetivo na manutenção da massa fresca, redução da taxa transpiratória e atividade da POD das brácteas e sépalas e dos compostos fenólicos das sépalas. A dose de 2 mM de AS ocasionou a menor redução na absorção de água à 5°C no dia 28 em relação ao dia 7, enquanto a dose de 4 mM permitiu um balanço hídrico negativo mais tardio e maior massa fresca. Houve menor

aumento no extravasamento de eletrólitos na dose de 6 mM de AS e maior redução na atividade da POD das brácteas e sépalas no último dia de avaliação em relação ao dia zero na dose de 2 mM à 5°C. À temperatura ambiente, o AS reduziu a absorção de água e a transpiração, mas não foi efetivo na manutenção da massa fresca, redução do extravasamento de eletrólitos e atividade da POD das brácteas. A atividade da POD das sépalas, à temperatura ambiente, foi menor nas doses de 4 e 6 mM de AS no sétimo dia. O teor de compostos fenólicos das sépalas no dia 0 reduziu em todas as doses de AS testadas, e nas brácteas, somente nas doses de 2 e 6 mM. Conclui-se que o MJ e o AS melhoraram a qualidade da flor a 5°C, porém somente o AS reduziu a incidência de injúria por frio, sendo 2 mM a melhor dose. À temperatura ambiente, somente o AS melhorou a qualidade da flor.

ABSTRACT

PEREIRA, Ariana Mota, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Methyl jasmonate and salicylic acid action on quality and chilling injury reduction in *Strelitzia reginae***. Advisor: Fernando Luiz Finger.

This study aimed to determine the action of pulsing with methyl jasmonate (MJ) and salicylic acid (SA) on the quality and reduction of the incidence of chilling injury in cut of flowers of *Strelitzia reginae*. Two experiments were conducted. In the first, the stems were placed in pulsing solutions with 20% of sucrose plus MJ at concentrations of 100, 250 and 400 μM , and control (without MJ) for 24 hours. In the second experiment, the stems were placed in pulsing with 20% of sucrose with the addition of AS at dosages of 2, 4 and 6 mM, and control for 24 hours. Subsequently, stems were placed in a recipient with water during 28 days at 5°C for chilling injury induction and at room temperature over 7 days. The analysis made were determined weekly at 5° C in the beginning and in the ending of storage at room temperature concerning water uptake rate, transpiration rate, the fresh weight (MF), leakage of electrolytes, activity of peroxidase (POD) and phenolic compounds of the bracts and sepals. There was a linear reduction in water uptake rate by the stems in all treatments at 5°C, with lower dose reduction of 250 μM and greater uptake with 100 mM on days 14 and 21. MJ was not effective in reducing transpiration rate and in maintenance of MF of flowers at 5°C. There was an increase of electrolyte leakage on the last day of evaluation in relation to day zero, being superior in bracts treated with MJ. The POD activity of the bracts at 5°C was reduced only with the use of 100 mM of MJ, while in sepals all MJ doses increased the POD activity. At 5°C, the bracts treated with 250 and 400 μM of MJ and the sepals to 250 μM obtained the lowest increase in phenolic compounds on the last day of evaluation in relation to day zero. At room temperature, the treatment with MJ reduced uptake of water, electrolyte leakage and phenolic compounds bracts on day zero. However, in this room temperature, the MJ was not effective in the reduction of the variation of fresh weight, transpiration rate, the POD activity in the bracts and sepals and of the compounds phenolic of sepals. The dose of 2 mM of AS provided the smallest variation in uptake of water at 5°C on day 28 compared to day 7 while the dose of 4 mM allowed a negative water balance later and the highest fresh weight. There was a lower increase in electrolyte leakage at a dose of 6 mM of AS and a bigger low in the POD activity in the

bracts and sepals on the last day of evaluation in relation to day zero at a dose of 2 mM at 5°C. At room temperature, AS reduced uptake of water and transpiration, but it was not effective in reducing the variation of fresh weight, electrolyte leakage and POD activity of the bracts. The POD activity in sepals, at room temperature, was lower at doses of 4 and 6 mM on day 7. All doses of AS reduced phenolic content of sepals on day 0 and the doses of 2 mM and 6 mM in bracts. It was concluded that MJ and AS improved flower quality at 5°C, however only AS reduced the incidence of chilling injury, being 2 mM the best dose. At room temperature, only the AS improved flower quality.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A *Strelitzia reginae* é uma das flores mais cultivadas, devido à beleza, forma curiosa, durabilidade (Luz et al., 2005) e comprimento da haste (Wood, 1995). Conhecida como “ave do paraíso”, caracteriza-se por uma grande bráctea com três sépalas verticais alaranjadas e três pétalas fundidas modificadas. Suas hastes florais são colhidas com o primeiro florete aberto (Bayogan et al., 2008) para fins de comercialização. Sendo o término da sua vida pós-colheita quando a flor apresenta-se murcha, com a base da bráctea escura e as folhas enroladas (Jaroenkit & Paull, 2003; Bayogan et al., 2008). Esse processo varia entre 10 a 15 dias (Jaroenkit et al., 2008) ou 6 a 16 dias após a colheita (Bayogan et al., 2008), dependendo das condições ambientais e edáficas durante o seu crescimento, maturidade na colheita e condições de armazenamento e transporte (Bayogan et al., 2008).

A produção de flores vem crescendo anualmente, porém um dos grandes problemas enfrentados pelo mercado são as elevadas perdas pós-colheita, que atingem cerca de 35 % (Stringheta et al., 2002), devido as condições inadequadas nas etapas de produção até a comercialização.

Além de ser considerado um produto perecível, devido a sua alta atividade respiratória e reduzido conteúdo de carboidratos de reserva (Vieira et al., 2012). Após a colheita, o suprimento de água e nutrientes é interrompido, porém o processo respiratório e a transpiração continuam, acelerando a senescência (Jaroenkit & Paull, 2003; Bayogan et al., 2008).

Algumas técnicas podem ser adotadas visando amenizar esse processo, dentre elas, o armazenamento e/ou transporte refrigerado. No entanto, a *Strelitzia reginae* desenvolve distúrbio fisiológico denominado de chilling, em baixas temperaturas (Jaroenkit & Paull, 2003).

Em flores de *Strelitzia reginae*, temperaturas entre 10 a 13 °C podem desencadear injúria por frio (Jaroenkit & Paull, 2003). O armazenamento a 10 °C por 28 dias prolongou a conservação das flores armazenadas a seco, porém aos 14 dias observou-se injúria por frio (Finger et al., 2003).

A sensibilidade de uma planta ao chilling varia em função da espécie, cultivar, parte da planta, temperatura e tempo de exposição (Kays, 1991). O chilling pode levar ao rompimento das membranas (Paiva & Oliveira, 2006), levando à desorganização dos

tecidos e órgãos (Hassan, 2009) e causando a descoloração e a ocorrência de lesões necróticas nas pétalas e folhas (Nowak & Rudnicki, 1990), além da abertura incompleta das inflorescências (Macnish et al., 2009). Respostas secundárias como, aumento na produção de etileno e na taxa respiratória, alterações na atividade enzimática, redução da fotossíntese, acúmulo de componentes tóxicos e mudanças na estrutura da célula (Larcher, 2006) também são alteradas pela exposição contínua ao frio, acelerando o processo de senescência.

A abertura desuniforme das inflorescências também constitui-se um problema na pós-colheita dessa espécie (Macnish et al., 2009).

O tratamento com pulsing auxilia na uniformização da abertura floral. Além de atuar na respiração, fechamento estomático e nas atividades de regulação osmótica dos tecidos, reduzindo o potencial hídrico e melhorando a absorção de água (Silva et al., 2008).

Esse processo consiste na imersão das hastes florais em uma solução de sacarose, podendo ser acrescida de outras substâncias por um tempo variável (Armitage & Laushman, 2003). É considerado um tratamento fácil, de baixo custo e rápido, usado no transporte ou armazenamento, que prolonga a vida das flores após a transferência para a água ou para soluções de manutenção (Finger et al., 2004).

A murcha e a senescência das pétalas estão associadas com a absorção de água pelas hastes, que dependem de um balanço entre a perda e o fornecimento de água. Este processo envolve a obstrução dos vasos xilemáticos que pode ser por microrganismos, deposição de pectina e fenóis ou por embolismo, reduzindo a condutância hidráulica da haste (De Pascale & Viggiani, 1998).

Em flores de *Strelitzia reginae*, a perda da condutividade hidráulica está relacionada com o aumento da atividade da peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO), induzidas pelo corte da base da haste floral (Marques et al., 2011). Essas enzimas participam da síntese de compostos como lignina e suberina, que obstrui os vasos condutores (Van Doorn, 1997).

A senescência floral também está relacionada com a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), que podem contribuir para a perda das funções celulares através da peroxidação de lipídios da membrana (Wismer, 2003). O aumento de EROs pode ser o início do processo de indução da injúria por frio (Cao et al., 2010), assim como o acúmulo de compostos fenólicos (Pennycooke, Cox & Stushnoff, 2005; Rivero

et al., 2001). A POD é uma das principais enzimas que catalisam a polimerização de compostos fenólicos (Blokhina et al., 2003).

Tanto o metil jasmonato (MJ), como o ácido salicílico (AS), auxiliam no prolongamento da vida pós-colheita de diversos produtos hortícolas (Taiz & Zeiger, 2006; Tripathi & Dubey, 2004; Asghari & Aghdam, 2010).

O MJ atua no crescimento, desenvolvimento e respostas a estresses ambientais (Meir et al., 1996). Esse hormônio está envolvido na proteção direta contra estresses bióticos, desempenhando um papel intracelular na sinalização, e atuando na indução da defesa das plantas (Mueller et al., 1993). Além disso, o MJ pode reduzir a incidência de injúria por frio na pós-colheita de frutas e legumes (González-Aguilar et al., 2006), como foi visto em estudos com goiaba (González-Aguilar et al., 2007), limão (Siboza et al., 2014), manga (González-Aguilar et al., 2000), tomate (Ding et al., 2001) mamão (González-Aguilar et al., 2004) uva e laranja (Ghasemnezhad et al., 2008). Pêssegos armazenados por 3 semanas à 5 °C seguido de exposição por 3 dias à 20 °C, tiveram redução dos sintomas de injúria por frio quando aplicou-se MJ, o que foi atribuído a maior atividade da POD e menor teor de compostos fenólicos, em relação ao controle (sem MJ) (Meng et al., 2009).

O AS atua na atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutatona redutase (GSH), ascorbato peroxidase (APX) e PPO (Asghari & Aghdam, 2010). Assim, o tratamento com esse regulador impede o aumento de EROs (Wang et al., 2006), auxiliando na prevenção da peroxidação dos lipídios (Senaratna et al., 2000). O AS também pode induzir a biossíntese de proteínas de choque térmico (HSPs), que conferem proteção contra estresse térmico, permitindo o armazenamento de frutos em baixas temperaturas sem o desenvolvimento de dano pelo frio (Asghari & Aghdam, 2010). O tratamento com AS aumentou a resistência ao dano pelo frio em plantas de trigo (Tasgin et al., 2006), milho (Janda et al., 1999), tomate (Ding et al., 2002), pêssego (Wang et al., 2006; Cao et al., 2010), melancia (Jing-Hua et al., 2008) e romã (Sayyari et al., 2009). Em trabalho com antúrio à 4 °C a aplicação de 200 mM de AS reduziu a incidência de injúria por frio (Promyoua, 2012).

A injúria por frio se torna mais evidente no setor da floricultura com a exportação de flores tropicais, sendo ainda escassas as informações sobre o tempo de exposição e a temperatura necessária para a manutenção da qualidade (Jaroenkit & Paull, 2003). Além da ausência de trabalhos na literatura da ação do MJ e AS em flores. Dessa forma, determinou-se a ação do pulsing com metil jasmonato (MJ) e ácido

salicílico (AS) na qualidade e redução pós-colheita da injúria por frio em flores de corte de *Strelitzia reginae*

2. CAPÍTULO 1

AÇÃO DO PULSING COM METIL JASMONATO NA REDUÇÃO PÓS-COLHEITA DA INJÚRIA POR FRIO EM *Strelitzia reginae*

RESUMO

Objetivou-se determinar a ação do pulsing com metil jasmonato (MJ) na qualidade e redução pós-colheita da injúria por frio em flores de corte de *Strelitzia reginae*. As hastes foram colocadas em soluções de 20% de sacarose juntamente de três concentrações de MJ (100 μ M, 250 μ M e 400 μ M), e o controle (sem MJ), por 24h. Posteriormente as hastes foram transferidas para recipientes com água e acondicionadas à 5 °C, para indução da injúria por frio, durante 28 dias e à temperatura ambiente por 7 dias. Foram determinadas as taxas de absorção de água, taxas transpiratórias, massa fresca (MF), extravasamento de eletrólitos, atividade da peroxidase (POD) e compostos fenólicos das brácteas e sépalas. As análises foram realizadas semanalmente à 5 °C e no início e final do armazenamento à temperatura ambiente. Houve redução linear na taxa de absorção de água pelas hastes em todos os tratamentos à 5 °C, com menor redução na dose de 250 μ M de MJ e maior absorção com 100 μ M nos dias 14 e 21. O MJ não foi eficiente em reduzir a taxa transpiratória e manter a MF das flores à 5 °C. Houve aumento do extravasamento de eletrólitos no último dia de avaliação em relação ao dia zero, sendo superior em brácteas tratadas com MJ. A atividade da POD das brácteas à 5 °C, foi reduzida apenas com o uso de 100 μ M de MJ, enquanto nas sépalas todas as doses de MJ aumentaram a atividade da POD. À 5 °C, as brácteas tratadas com 250 e 400 μ M de MJ, e as sépalas à 250 μ M obtiveram menor aumento dos compostos fenólicos no último dia de avaliação em relação ao dia zero. O tratamento com MJ à temperatura ambiente reduziu a absorção de água, o extravasamento de eletrólitos e compostos fenólicos das brácteas no dia 0. No entanto, a temperatura ambiente o MJ não foi efetivo na manutenção da massa fresca, redução da taxa transpiratória e atividade da POD das brácteas e sépalas, e dos compostos fenólicos das sépalas. Conclui-se que o MJ melhorou a qualidade da flor apenas à 5 °C, porém, não reduziu a incidência de injúria por frio.

2.1 INTRODUÇÃO

O cultivo de flores de corte é uma das atividades do agronegócio que tem como característica elevada rentabilidade por área. A *Strelitzia reginae* é apreciada em arranjos florais e jardins devido à rusticidade, forma e cor, características atrativas que tem proporcionado significativo aumento no consumo dessa espécie no Brasil e no mundo (Luz et al., 2005).

Procedimentos inadequados nas etapas de produção até a comercialização interferem na qualidade do produto final, na porcentagem de perdas pós-colheita e consequentemente na lucratividade do produtor. Do trajeto do campo ao consumidor estima-se perdas de 20% a 50% (Sebrae, 2005). O armazenamento e/ou transporte refrigerado auxilia na redução dessas perdas. No entanto, o maior problema na pós-colheita dessa espécie é a susceptibilidade a danos pelo frio (Macnish et al., 2009).

Flores de *Strelitzia reginae*, desenvolvem distúrbio fisiológico denominado de chilling a temperaturas entre 10 °C e 13 °C (Jaroenkit & Paull, 2003). A injúria por frio desenvolve-se progressivamente (Larcher, 2006), tendo como primeiro efeito, a interrupção do fluxo protoplasmático, seguido da redução da atividade fotossintética e por fim, da perda da permeabilidade das membranas, comprometendo os compartimentos celulares e culminando no extravasamento celular (Paiva & Oliveira, 2006). As alterações nas membranas resultam em várias respostas secundárias, tais como, produção de etileno, aumento da respiração, extravasamento de íons e metabólitos, variações na atividade enzimática, acúmulo de componentes tóxicos e alteração na estrutura celular (Larcher, 2006). Esses sintomas não ficam aparentes durante o armazenamento e transporte refrigerado, manifestando-se apenas quando as condições ambientais se tornarem favoráveis (Sewake & Uchida, 1995).

A aplicação de reguladores vegetais no manejo pós-colheita melhora a longevidade e, por consequência, o período de comercialização (Paiva et al., 2005). Um hormônio que tem demonstrado ser promissor na redução de injúrias por frio e no aumento da durabilidade pós-colheita é o metil jasmonato (MJ).

O MJ, assim como o ácido jasmônico (AJ) e seus derivados, pertence a uma classe de reguladores vegetais que auxiliam na defesa das plantas (Taiz & Zeiger, 2006;

Kerbaui, 2004). Eles são considerados importantes reguladores no mecanismo de resposta das plantas a estresses bióticos (ataque de patógenos e pragas) e abióticos (seca, baixa temperatura e salinidade), exercendo influência sobre a senescência, floração, regulação da abertura floral e fechamento dos estômatos (Cheong & Do Choi, 2003; Rohwer & Erwin, 2008; Avanci et al., 2010; Sobrinho et al., 2005). O uso de MJ pode reduzir o dano pelo frio, como foi visto em estudos com goiaba (González-Aguilar et al., 2007), limão (Siboza et al., 2014), manga (González-Aguilar et al., 2000), tomate (Ding et al., 2001) mamão (González-Aguilar et al., 2004) uva e laranja (Ghasemnezhad et al., 2008).

A abertura desuniforme das inflorescências também constitui-se um problema na pós-colheita dessa espécie (Macnish et al., 2009).

O fornecimento de açúcares através de soluções de pulsing permitem o translocamento e acúmulo desses carboidratos nas flores, reduzindo a pressão osmótica e melhorando a capacidade de absorção de água e manutenção da turgescência das pétalas, favorecendo desse modo, a uniformização da abertura floral (Halevy et al., 1976). Além disso, atuam na transpiração pelo fechamento dos estômatos (Silva et al., 2008) e na respiração vegetal como substrato (Taiz & Zeiger, 2006).

Essas soluções de açúcares podem ser acrescidas de outras substâncias, sendo realizada em períodos de até 48 horas (Dias-Tagliacozzo et al., 2005). Por produtores ou vendedores (Finger & Barbosa, 2006), com objetivo de prolongar a vida de vaso, aumentar a abertura floral, intensificar a coloração das pétalas e melhorar as relações hídricas (Finger & Barbosa, 2006).

Objetivou-se com este trabalho determinar a ação da aplicação de pulsing com MJ na qualidade e redução pós-colheita da injúria por frio em flores de corte de *Strelitzia reginae*.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

As hastes florais de *Strelitzia reginae* foram colhidas na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – UFV a 20° 45' de latitude sul e 42° 51' de latitude oeste a 651 m de altitude. A adubação (5° aproximação, 1999) e os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade e a recomendação para a cultura. A colheita foi realizada às 7 horas da manhã quando as hastes apresentavam um florete aberto (ponto de colheita comercial). Posteriormente foi realizada a limpeza, lavagem e padronização do comprimento total das hastes em 25 cm, sendo o corte realizado dentro da água para evitar a entrada de ar nos vasos xilemáticos.

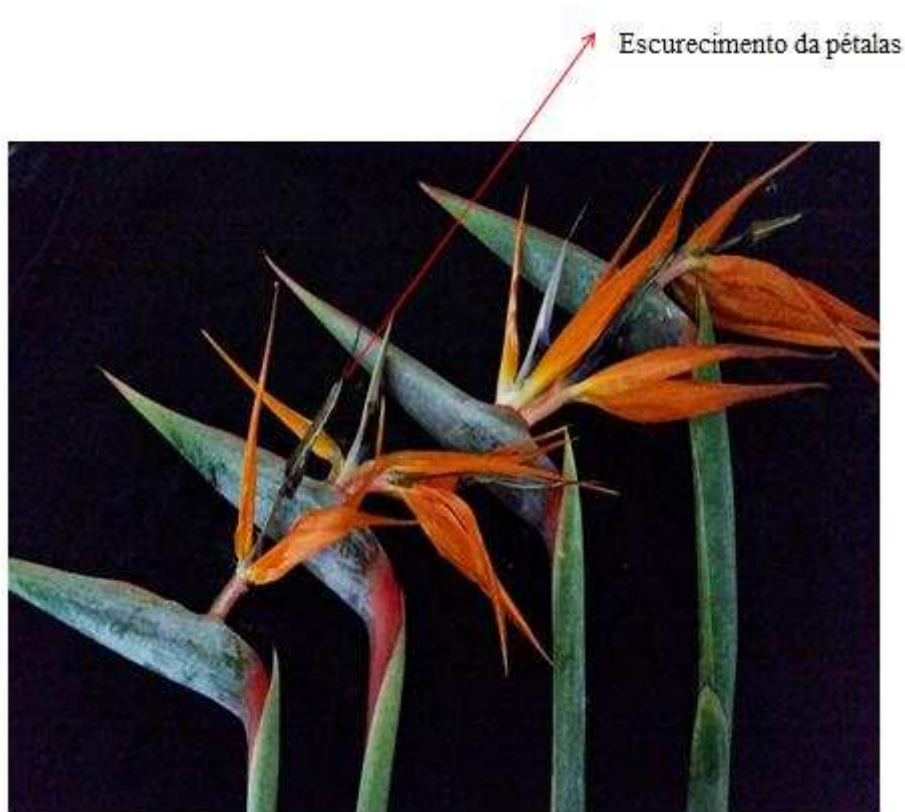
As hastes florais foram submetidas à soluções de pulsing com 20% de sacarose acrescida das concentrações de 100 μ M, 250 μ M e 400 μ M de MJ e o controle (sem MJ) por 24 horas. Posteriormente, foram transferidas para recipientes com água destilada e armazenadas à 5 °C (para indução de injúria por frio) e à temperaturas ambiente. As avaliações foram feitas nos dias 0, 7, 14, 21 e 28 durante o armazenamento à 5 °C e no dia 0 e 7 à temperatura ambiente. Foi considerado término do tratamento quando o primeiro florete aberto da inflorescência apresentava-se murcho com manchas necróticas nas sépalas e nas extremidades das brácteas e escurecimento das pétalas.



Haste floral de *Strelitzia reginae* com um florete aberto (ponto de colheita comercial).



Hastes florais de *Strelitzia reginae* com manchas necróticas nas brácteas e sépalas.



Hastes florais de *Strelitzia reginae* com sintomas de murcha e escurecimento das pétalas
As análises realizadas estão descritas abaixo:

2.2.1 Taxa de absorção de água

A taxa de absorção de água foi determinada conforme metodologia descrita por Van Doorn et al, (2002). Para isso, as hastes foram dispostas em tubos individuais, inicialmente pesados, contendo cerca de 200 g de água deionizada. Diariamente, os tubos foram pesados com e sem as hastes. Para anular os efeitos da evaporação, a extremidade superior dos tubos foram envolvidas com filme de PVC em 4 camadas.

A taxa de absorção de cada solução foi obtida pelo volume de solução consumida, em $\text{mg g}^{-1} \text{MF dia}^{-1}$, sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$V = (PSi - PSf) / PHf.$$

V: volume de solução absorvida;

PSi: peso inicial da solução;

PSf: peso final da solução;

PHf: massa final da haste.

2.2.2 Taxa transpiratória

Para avaliar a taxa de transpiração, foi utilizado a metodologia descrita por Van Doorn et al, (2002). As hastes foram dispostas em tubos individuais, inicialmente pesados, contendo 200 g de água deionizada. Diariamente, os tubos foram pesados com e sem as hastes. Para anular os efeitos da evaporação, a extremidade superior dos tubos foram envolvidas com filme de PVC em 4 camadas.

A taxa de transpiração foi estimada, em $\text{mg g}^{-1} \text{MF dia}^{-1}$, subtraindo-se a variação da massa fresca das hastes do volume de solução absorvida, por meio da fórmula:

$$T = V_c - [\text{PH (f)} - \text{PH (i)}]$$

T: taxa de transpiração;

V_c: volume de solução consumida;

PH (i): massa da haste inicial;

PH (f): massa da haste final.

2.2.3 Massa fresca

Para determinar a variação da massa fresca, as hastes florais foram pesadas em balança digital (Marconi AS 500C) em cada dia de avaliação e os dados expressos em porcentagem, em relação ao peso inicial das hastes. O peso inicial foi considerado de 100%.

2.2.4 Extravasamento de eletrólitos

A porcentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) foi avaliada através do extravasamento de eletrólitos medido com condutímetro (LFT 613T, Schott Geratie), em quatro discos de 10 mm de diâmetro retirados da bráctea. Os discos permaneceram em recipientes fechados, imersos em 20 mL de água destilada por 6h, quando realizou-se a primeira leitura de condutividade livre (CL). Em seguida, os recipientes foram colocados em estufa a 90°C por 2 horas. Após serem resfriados foi realizada a segunda leitura de condutividade total (CT). A porcentagem da integridade

absoluta foi calculada conforme a equação: $PIA = (CL/ CT) \times 100$, sendo os valores padronizados de acordo com o peso dos discos (Lima et al., 2002).

2.2.5 Atividade da peroxidase

Na extração da peroxidase, 5g de material vegetal foi homogeneizados em 25 mL de tampão de extração (tampão fosfato 0,1 M, pH 6,0, acrescido de 0,1% de bissulfito de sódio e 0,15 M de cloreto de sódio). Esse homogeneizado foi filtrado em quatro camadas de gaze e centrifugado a 17.000 g por 30 minutos, a 4°C. Na determinação da atividade enzimática da peroxidase, uma alíquota de extrato enzimático foi adicionado ao meio de reação contendo 0,5 mL de guaiacol (1,7%), 1,5 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0) e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio (1,8%). O branco foi constituído por todos os componentes do meio de reação, exceto o extrato enzimático, que foi substituído por água. A atividade enzimática foi determinada em espectrofotômetro, observando-se a variação da absorbância no comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C, e expressa em $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de proteína (Neves, 2003). O mesmo extrato utilizado na determinação da atividade enzimática foi utilizado para quantificação da proteína pelo método de Bradford (1976), utilizando albumina soro bovina (BSA) como padrão.

2.2.6 Compostos fenólicos

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi avaliado pelo método de Folin-Denis, descrito por Kubota (1995), com modificações. Cerca de 50 g de material vegetal foi macerado com 10 mL de metanol. O homogeneizado foi centrifugado, retirado uma alíquota de 0,5 mL e misturada com 2,5 ml do reagente de Folin-Denis 1:3 e 2 mL de NaCO_3 10% (anidro), seguido de agitação. Após 1 hora de repouso no escuro as amostras foram lidas em espectrofotômetro na absorbância de 700 nm, com utilização de D-catequina como padrão.

2.2.7 Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas as doses e nas subparcelas os cinco dias de

avaliações. O experimento foi composto de quatro blocos e a unidade experimental constituída de duas hastes florais. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética da UFV (GENES-UFV). Para comparar a média da testemunha e o padrão utilizou-se o teste de Dunnett adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = SQ_{reg} / SQ_{trat}$) e o comportamento biológico em estudo. Nos tratamentos à temperatura ambiente foi realizado somente o teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade. Para a taxa transpiratória, massa fresca e atividade da peroxidase foram feitas análises descritivas.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Taxa de absorção de água

Houve redução linear da taxa de absorção de água pelas hastes em todos os tratamentos armazenados à 5 °C (Figura 1). A menor taxa de redução da absorção de água foi na dose de 250 µM, indicando que essa dosagem permitiu maior manutenção da turgescência da flor (Figura 1). Em flores de corte, a murcha e a senescência estão associadas à deficiência na absorção de água pelas hastes, o que pode estar associado ao bloqueio dos vasos condutores, limitando a absorção de água devido à alta resistência hidráulica, enquanto o processo transpiratório continua, levando a um desequilíbrio hídrico e a perda do turgor das células (Van Meeteren et al., 2001). A obstrução física dos vasos xilemáticos pode ser ocasionada por microrganismos, deposição de pectina e fenóis ou por embolismo (De Pascale & Viggiani, 1998). Em hastes de *Strelitzia reginae* foi verificado a ocorrência de bloqueio fisiológico, envolvendo a atividade das enzimas POD e PPO (Marques et al., 2011) que levam à deposição de lignina,

obstruindo os poros que conectam os vasos do xilema (Blee et al., 2001). A atividade da POD foi superior ao da PPO em *Strelitzia reginae* (Karsten, 2009).

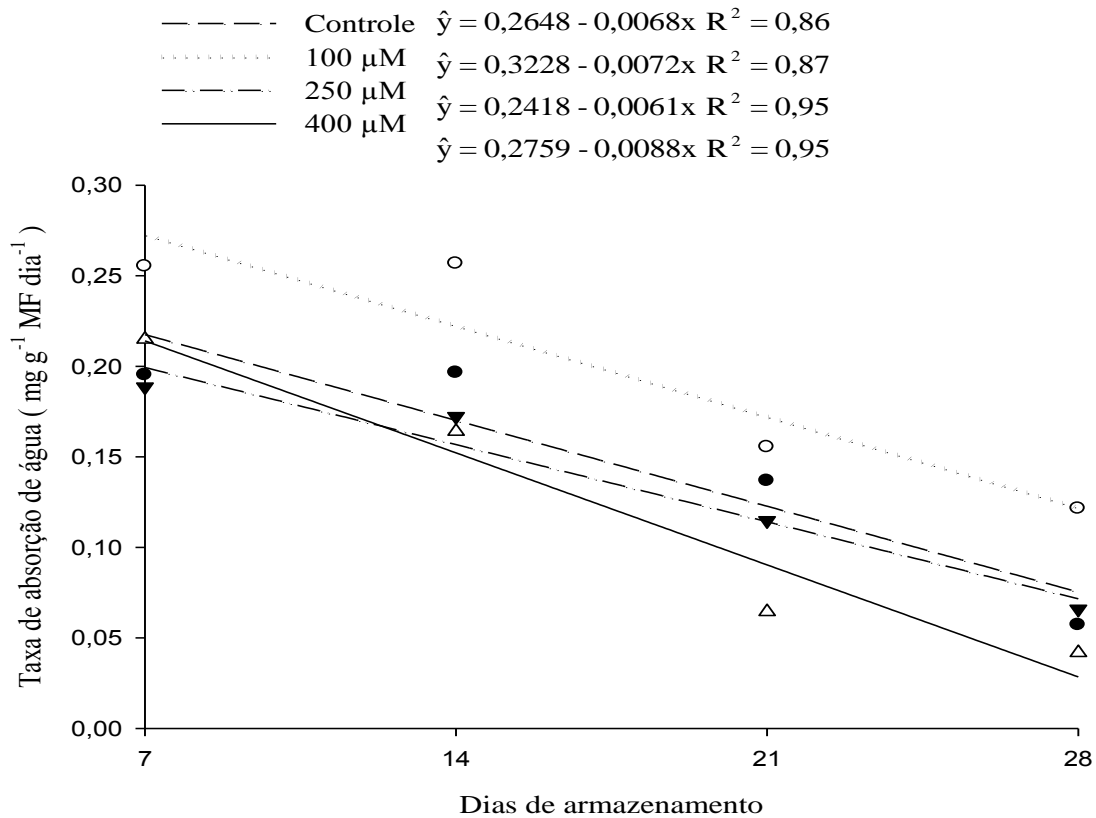


Figura 1 – Estimativa da taxa de absorção de água pelas hastes de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM , 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C durante 7, 14, 21 e 28 dias.

As taxas de absorção de água pelas hastes tratadas com MJ nos dias 7 e 28 de armazenamento não diferiram do controle (Figura 2). A dose de 100 μM diferiu do controle nos dias 14 e 21. O uso dessa dosagem nesses períodos de armazenamento foi eficaz em aumentar a absorção de água (Figura 2). A absorção de água pelas hastes tratadas com 100 μM nos dias 14 e 21 foram 30,7% e 13,6% maiores que do controle, respectivamente.

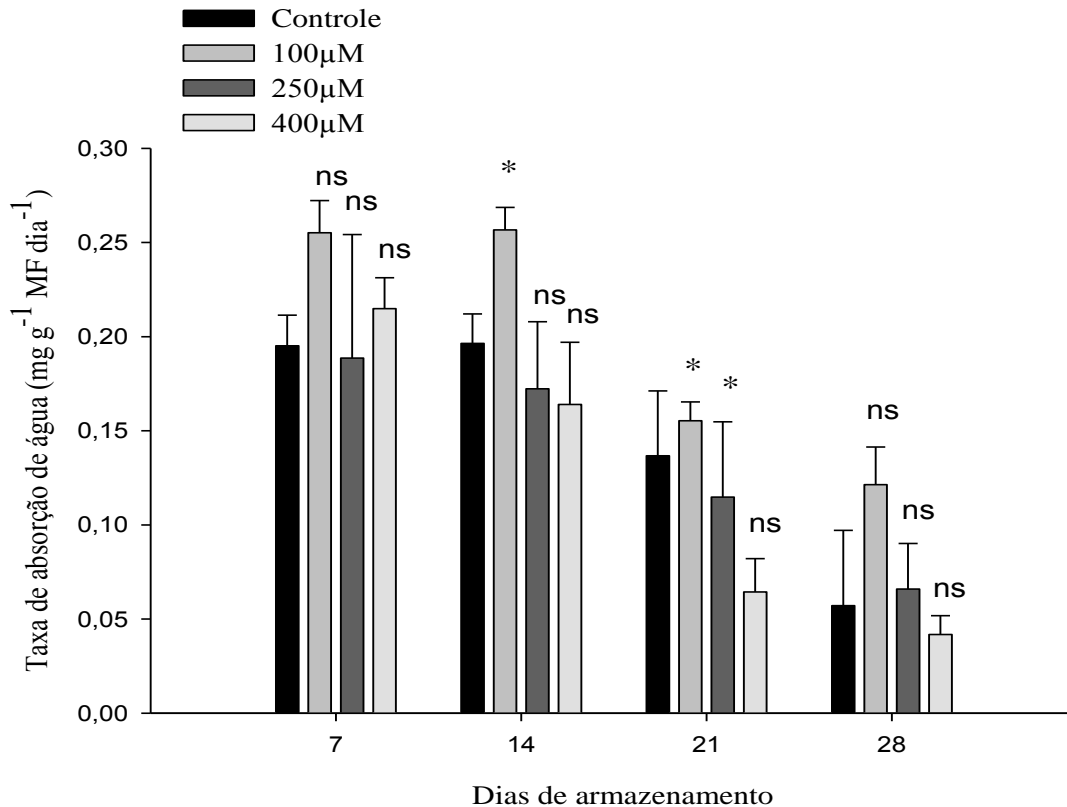


Figura 2 – Médias das taxas de absorção de água pelas hastes de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções pulsing com diferentes doses de MJ (100 μ M, 250 μ M e 400 μ M) e o controle (sem MJ), armazenadas a 5 °C, em cada dia de avaliação (7, 14, 21 e 28). Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle e médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

À temperatura ambiente todas as doses de MJ diferiram do controle, que apresentou a maior média de taxa de absorção de água (Figura 3). A absorção de água do controle foi 45,5%; 48,0% e 64,2% maior que dos tratamentos com 100 μ M, 250 μ M e 400 μ M de MJ, respectivamente. Com o aumento das doses verificou-se maior redução na absorção de água em relação ao controle, indicando que nesta temperatura o uso do hormônio não seria recomendado. Este fato pode estar associado ao bloqueio fisiológico dos vasos condutores. O uso de MJ à temperatura ambiente pode ter induzido a atividade da POD, que está associada á obstrução do vaso, intensificando-se com o aumento da concentração do hormônio.

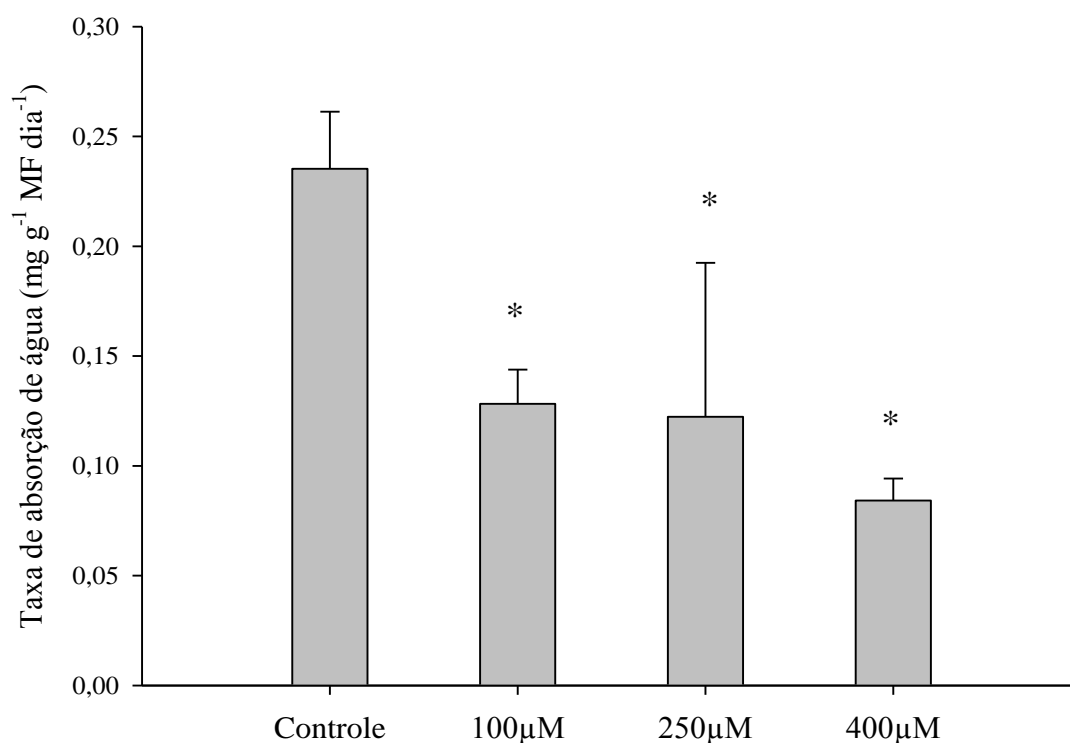


Figura 3 – Médias das taxas de absorção de água pelas hastes de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM, 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ) no sétimo dia de armazenamento à temperatura ambiente. Médias seguidas por * diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

2.3.2 Taxa transpiratória

A taxa transpiratória das flores mantidas à 5 °C aumentou com o armazenamento em todos os tratamentos, em 39,8%; 46,9%; 53,1% e 49,8% no dia 28 em relação ao dia 7, para o controle, 100 μM, 250 μM e 400 μM, respectivamente (Figura 4). Indicando que o MJ aumentou a taxa transpiratória no dia 28 em relação ao dia 7.

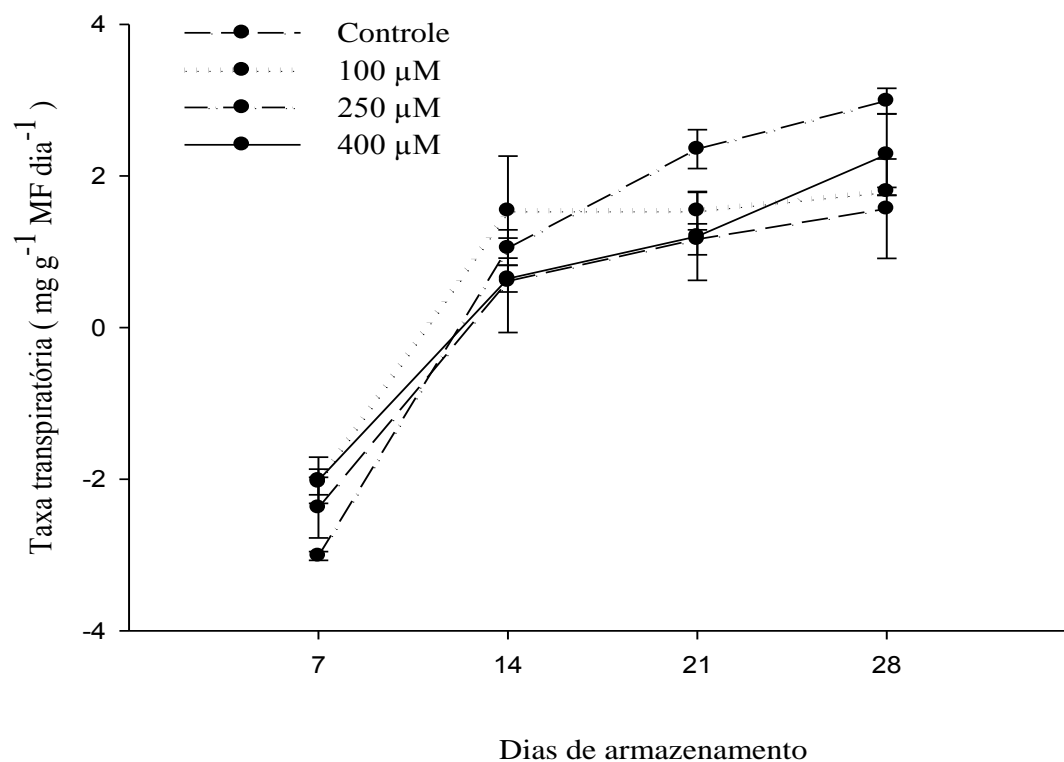


Figura 4 – Médias das taxas transpiratórias de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM, 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C durante 7, 14, 21 e 28 dias.

À temperatura ambiente os tratamentos não diferiram do controle (Figura 5). As taxas transpiratórias foram de 4,6; 4,6; 3,2 e 6,0 mg g⁻¹ MF dia⁻¹ para o controle, 100 μM, 250 μM e 400 μM, respectivamente, indicando que o uso de MJ, assim como à 5 °C, não foi efetivo em reduzir a transpiração da planta.

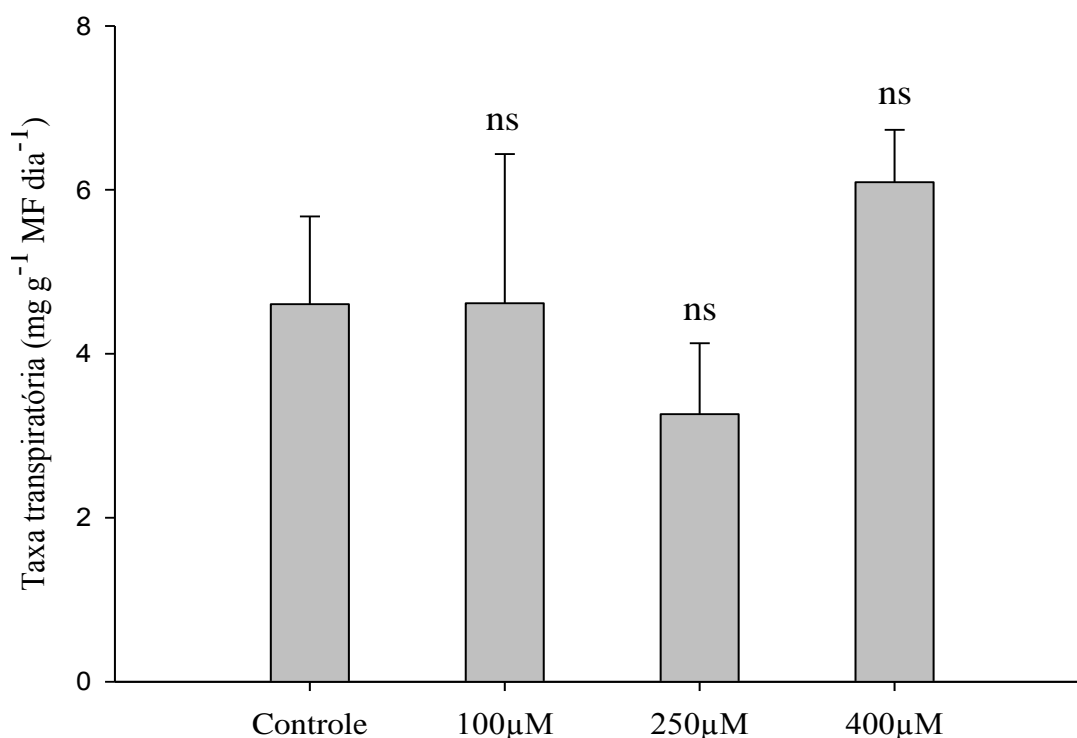


Figura 5 – Médias das taxas transpiratórias de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM, 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ) no sétimo dia de armazenamento à temperatura ambiente. Médias seguidas por ns não diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

2.3.3 Massa fresca

À 5 °C a massa fresca aumentou em todos os tratamentos até o 7º dia, seguido de decréscimo (Figura 6). Esse aumento foi de 4,5%; 4,0%; 4,6% e 2,9% para o controle, 100 μM, 250 μM e 400 μM, respectivamente (Figura 6). A aplicação de pulsing favoreceu a absorção de água, sendo a taxa de absorção no sétimo dia superior ao da taxa transpiratória, levando ao aumento da massa fresca. No entanto, não promoveu a uniformização da abertura floral, permanecendo com no máximo dois floretes por planta. Enquanto, o uso de MJ não foi efetivo em aumentar a massa fresca (Figura 7). Com o aumento da dose de MJ verificou-se maior redução na massa fresca no 14º dia em relação ao dia 7, a partir do qual o tratamento com 250 μM teve a redução mais acentuada (Figura 6). A longevidade floral está diretamente relacionada à manutenção

de um nível elevado, ou pelo menos constante, de massa fresca das flores durante a vida pós-colheita (Ichimura et al., 2006).

A variação da massa fresca pode ser causada pela transpiração, pela diminuição na absorção de água devido à obstrução dos feixes vasculares das hastes ou por fatores geneticamente determinados (Pietro et al., 2012). Também está associada à atividade respiratória em decorrência da utilização apenas de reservas próprias para a manutenção do metabolismo, que são geralmente reduzidas. De acordo com Nowak & Rudnicki, (1990) a variação de 10% a 15% de massa fresca compromete a qualidade e a durabilidade das flores, que podem apresentar sintomas de murcha. No presente trabalho a variação no dia 28 em relação ao dia 0 foi de 0,5%; 3,1%; 20,0% e 11,2%, para o controle, 100 μ M, 250 μ M e 400 μ M, respectivamente.

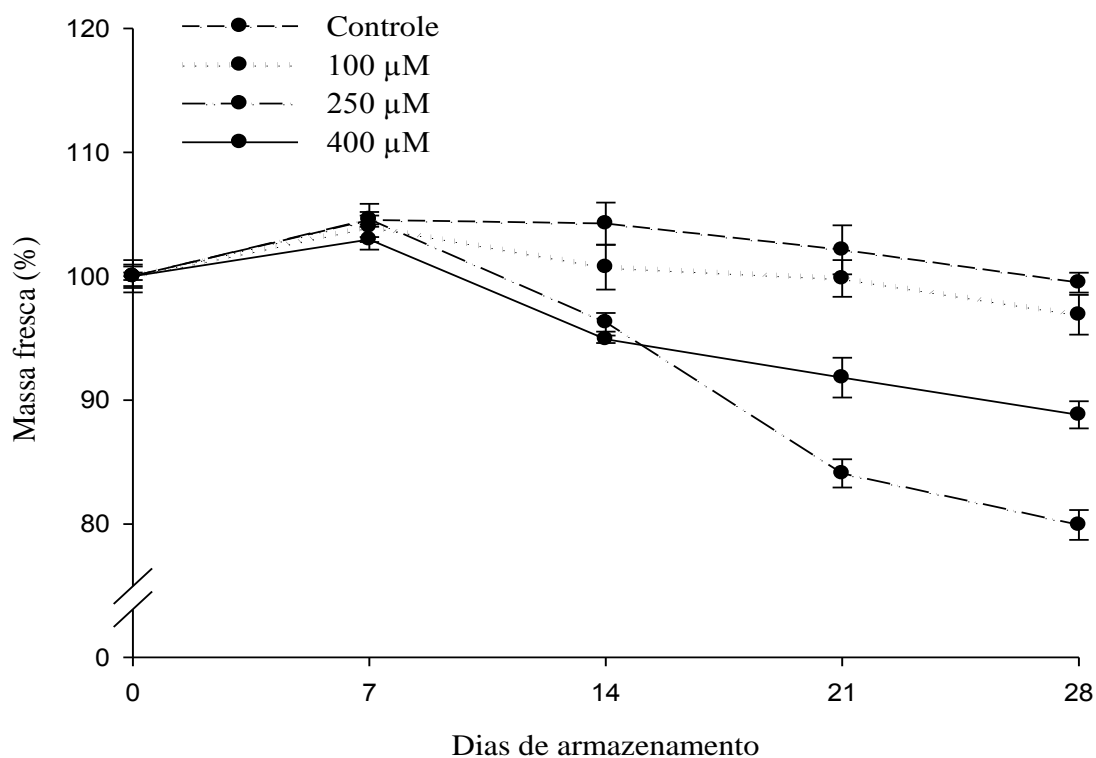


Figura 6 – Médias das massas frescas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μ M, 250 μ M e 400 μ M) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

Apenas nos tratamentos com as doses de 250 μM e 400 μM a massa fresca das flores diferiram do controle a partir do 14^o dia de armazenamento, apresentando menores médias (Figura 7).

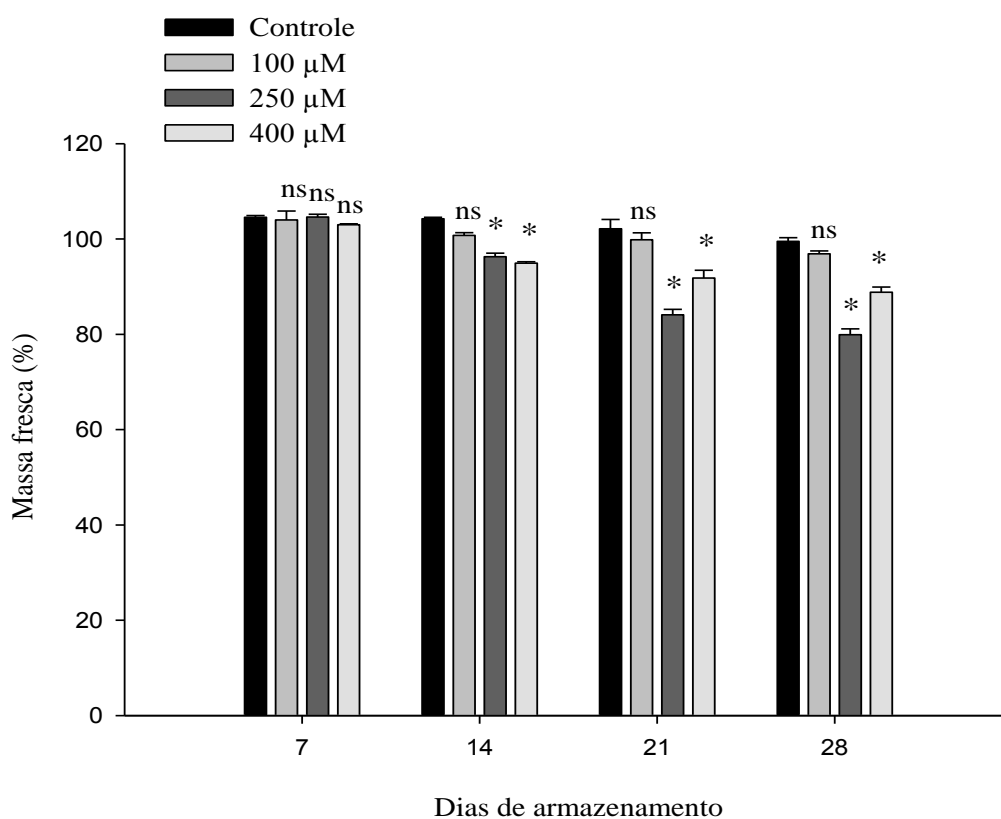


Figura 7 – Médias das massas frescas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM , 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C, em cada dia de avaliação (7, 14, 21 e 28). Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle. E médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle. Ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

À temperatura ambiente, a massa fresca das flores tratadas com MJ não diferiu do controle (Figura 8). Apesar do controle ter absorvido maior quantidade de água não acarretou em maior massa fresca. A massa fresca no sétimo dia, em relação ao dia 0, foi de 93,74%; 91,55%; 92,72% e 87,29%, para os tratamentos controle, 100 μM , 250 μM e 400 μM , respectivamente (Figura 8), indicando que houve redução da massa fresca com o armazenamento.

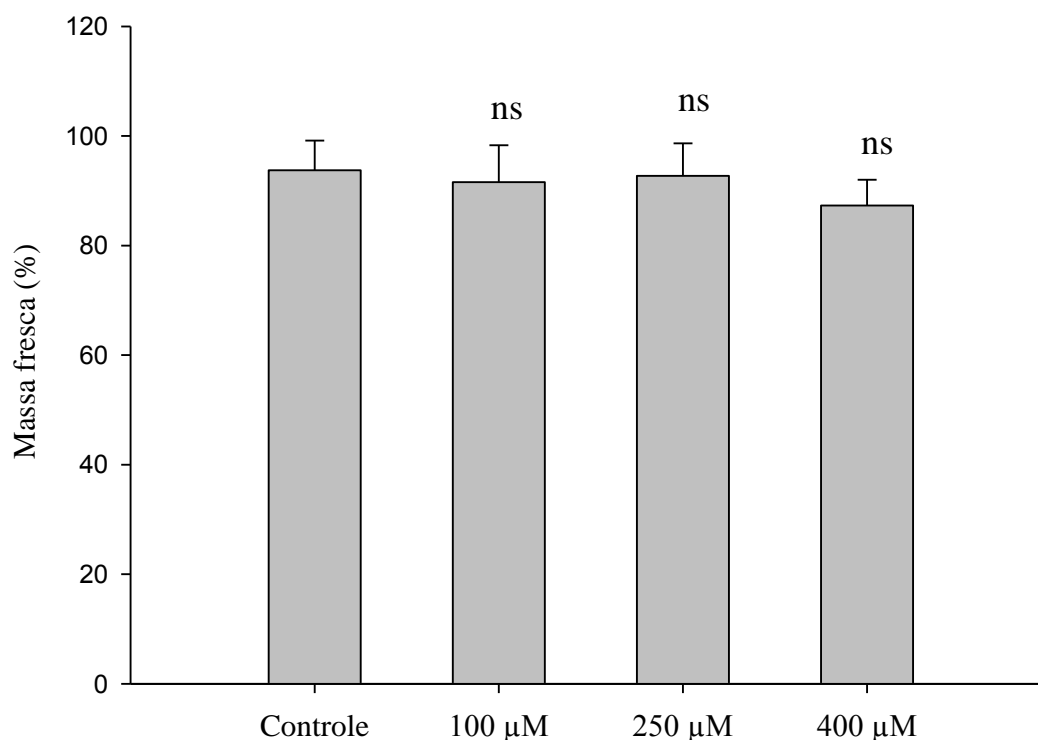


Figura 8 – Médias das massas frescas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μ M, 250 μ M e 400 μ M) e o controle (sem MJ) no sétimo dia de armazenamento à temperatura ambiente. Médias seguidas por ns não diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

2.3.4 Extravasamento de eletrólitos

À 5 °C houve aumento linear no extravasamento de eletrólitos das brácteas do controle e da dose de 250 μ M, enquanto as demais doses obtiveram comportamento quadrático (Figura 9). Quando a planta é exposta a temperaturas prejudiciais por longos períodos de tempo, ocorre o rompimento das membranas celulares causando o vazamento de íons e metabólitos, os quais podem ser monitorados por determinação do extravasamento de eletrólitos (Sharon et al., 2004). Os danos nas membranas ocorrem devido à geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) em níveis acima da capacidade de remoção pelas enzimas antioxidantes presentes nos tecidos. As moléculas lipídicas passam do estado gel para o estado gel cristalino, sendo essa mudança lipídica uma resposta primária dos tecidos sensíveis ao frio. Em trabalhos com manjeriço à 5

°C também foi observado aumento do extravasamento de eletrólitos de 19,7% em três dias de armazenamento (Vitor, 2014). No presente trabalho o extravasamento aumentou em 12,0%; 35,4%; 31,7% e 40,9% no último dia de armazenamento, em relação ao dia 0, para o controle, 100 µM, 250 µM e 400 µM, respectivamente, sendo superior em brácteas tratadas com MJ.

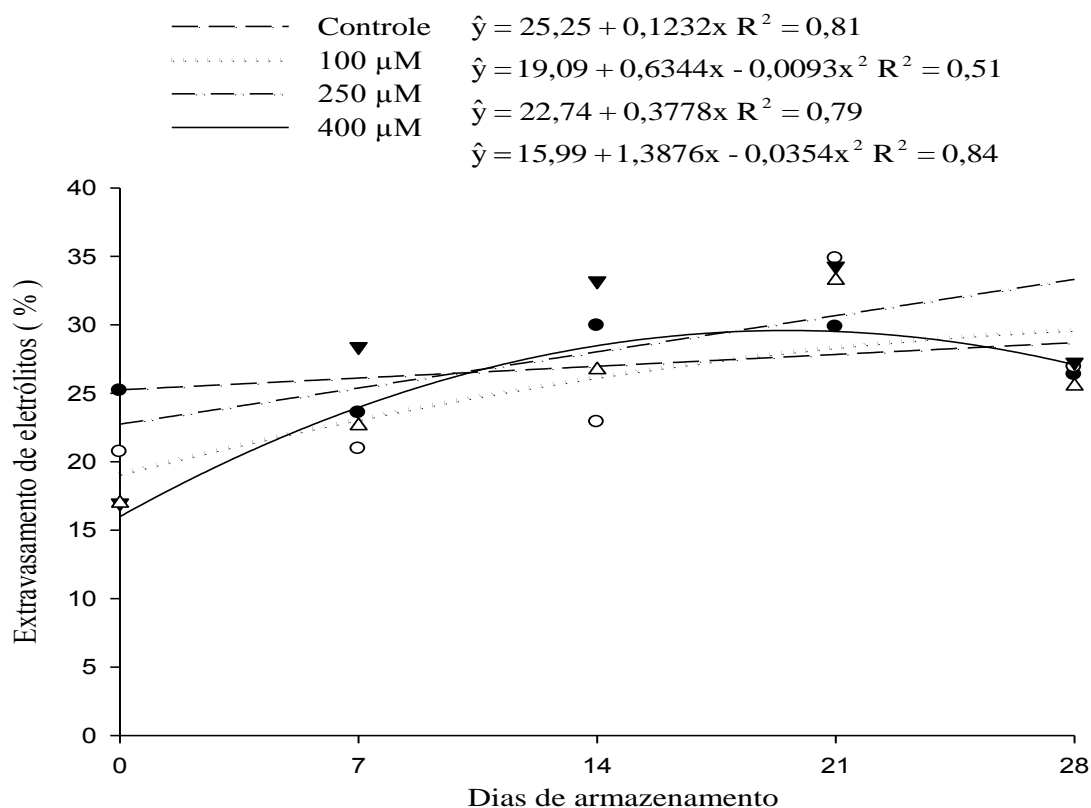


Figura 9 – Estimativa do extravasamento de eletrólitos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 µM, 250 µM e 400 µM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

No armazenamento refrigerado, no dia 0, as doses de 250 µM e 400 µM apresentaram menor média de extravasamento celular em relação ao controle, enquanto no decimo quarto dia foram as doses de 100 µM e 400 µM. Porém no dia 7 a concentração de 250 µM teve a maior média de extravasamento. Enquanto nos dias 21 e 28 não houve diferença estatística (Figura 10). Nenhuma dose reduziu o extravasamento de eletrólitos em todos os dias avaliados. O MJ altera a expressão de genes que desencadeiam a síntese de uma variedade de proteínas chamadas JIPs (Proteínas Induzidas por Jasmonatos) (Sembdner & Parthier, 1993), alterando a expressão de genes

relacionados com o estresse oxidativo e a atividade de algumas enzimas (Soares et al., 2006). A redução do extravasamento celular com a aplicação de MJ em alguns períodos de avaliação pode estar relacionada com a indução de enzimas oxidativas relacionadas com a remoção de espécies reativas de oxigênio.

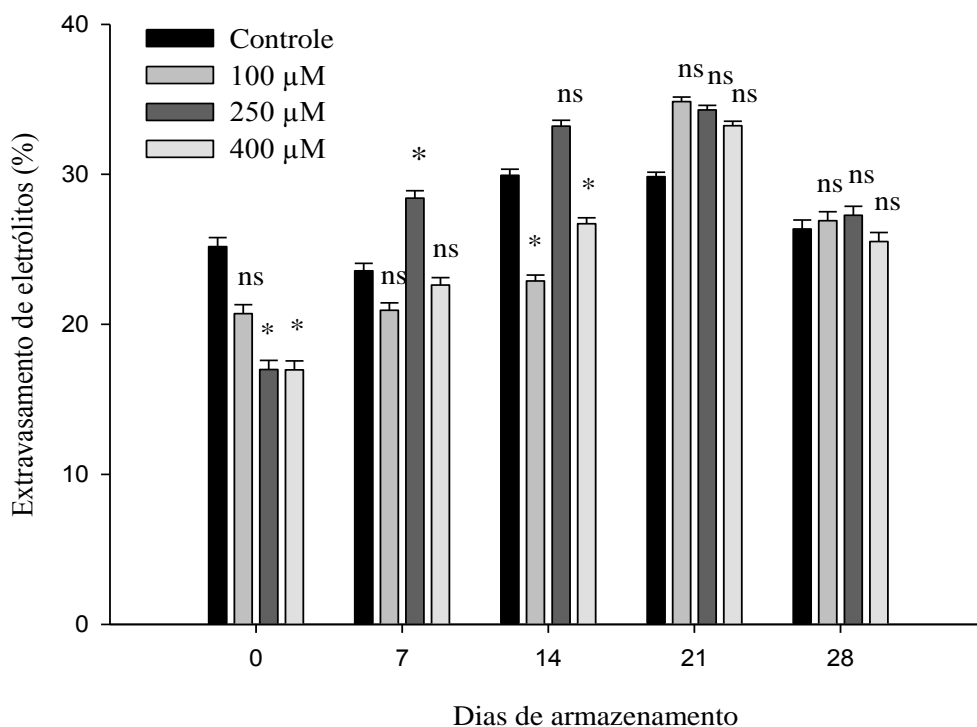


Figura 10 - Médias do extravasamento de eletrólitos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 µM, 250 µM e 400 µM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C, em cada dia de avaliação (0, 7, 14, 21 e 28). Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle. E médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle. Ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

Todas as doses de MJ à temperatura ambiente foram eficazes em reduzir o extravasamento de eletrólitos no dia 0 (Figura 11), o que pode estar relacionado com a ativação de enzimas oxidativas que removem as espécies reativas de oxigênio. Porém, no sétimo dia, as brácteas à concentração de 250 µM apresentou o maior extravasamento celular, enquanto, as demais doses não diferiram do controle (Figura 11).

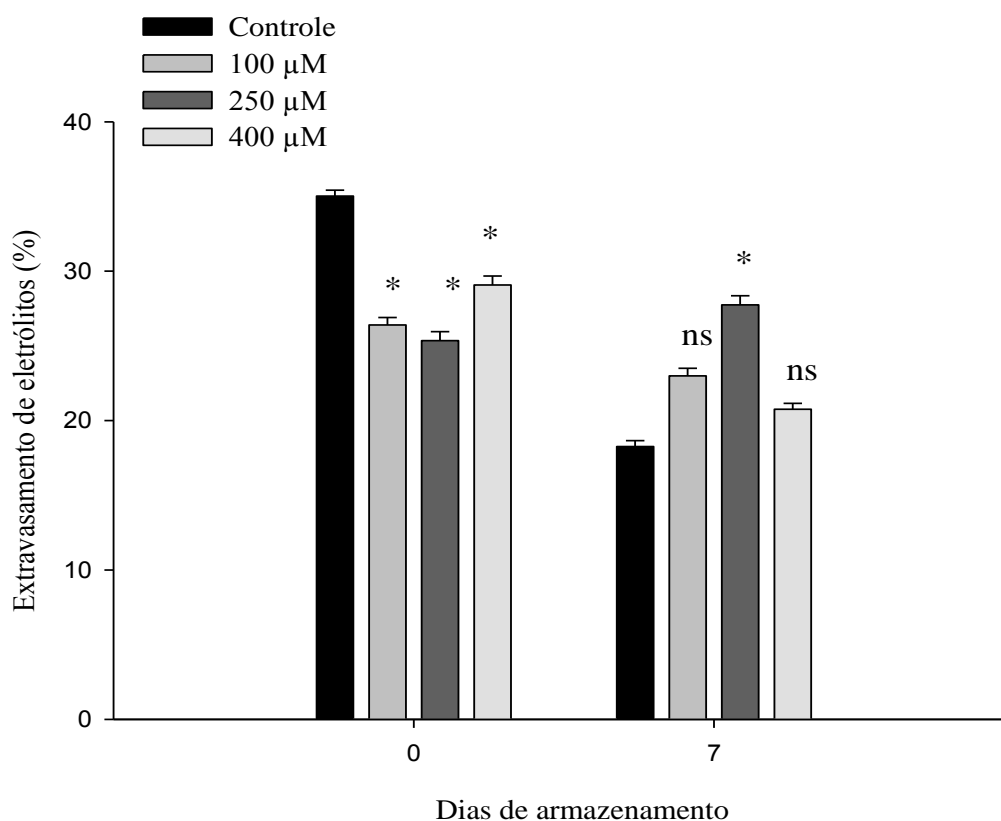


Figura 11 – Médias do extravasamento de eletrólitos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM, 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ) nos dias 0 e 7 de armazenamento à temperatura ambiente. Médias seguidas por * diferem do controle enquanto médias seguidas de ns não diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

2.3.4 Atividade da peroxidase (POD)

A atividade da POD das brácteas à 5 °C aumentou no último dia de avaliação em relação ao dia 0. No controle, e nas doses de 250 μM e 400 μM, o aumento foi de 84,5%; 51,5% e 89,5%, respectivamente (Figura 12). Enquanto a concentração de 100 μM reduziu a atividade da POD em 3,3% no último dia de avaliação em relação ao dia 0 (Figura 12). A redução na atividade desta enzima é vantajoso uma vez que está associada a oxidação de compostos fenólicos (Lagrimini, 1991).

O aumento na atividade da POD com a exposição à baixas temperaturas deve-se ao desenvolvimento de injúrias por frio, que levam ao aumento desordenado na taxa respiratória, causando a formação de espécies reativas de oxigênio. Essas espécies,

produzidas durante situações de estresse, induzem a atividade de enzimas antioxidantes como a POD (Pastori & Trippi, 1992). Esta enzima reduz os danos causados por essas espécies reativas de oxigênio, pela remoção de átomos de hidrogênio dos grupos álcoois, combinando-os com peróxido de hidrogênio para formar moléculas de água, protegendo assim os tecidos (Salisbury & Ross, 1991).

O Oxigênio é reduzido por quatro elétrons transportados ao longo da cadeia respiratória, gerando duas moléculas de água. No entanto, uma pequena parcela dos elétrons escapa da cadeia respiratória, resultando em uma redução parcial do oxigênio molecular, levando à produção de espécies reativas de oxigênio na forma de oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radical hidroxila (OH^\cdot) e ânion superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$) (Mittler, 2002). Essas moléculas tóxicas são formadas durante funções metabólicas normais nos peroxissomos ou induzidas por estímulos ambientais. Sob condições adequadas de desenvolvimento, a produção de EROs na célula é baixa ($240 \text{ mM s}^{-1} \text{ O}_2^{\cdot-}$ e um nível "steady-state" de $0,5 \text{ mM s}^{-1} \text{ H}_2\text{O}_2$ nos cloroplastos), no entanto muitos estresses que alteram a homeostase celular acentuam a sua produção (240 a $720 \text{ mM s}^{-1} \text{ O}_2^{\cdot-}$ e 5 a 15 mM de H_2O_2) (Mittler, 2002). Isso leva a peroxidação lipídica devido à reação dessas espécies reativas de oxigênio com moléculas biológicas.

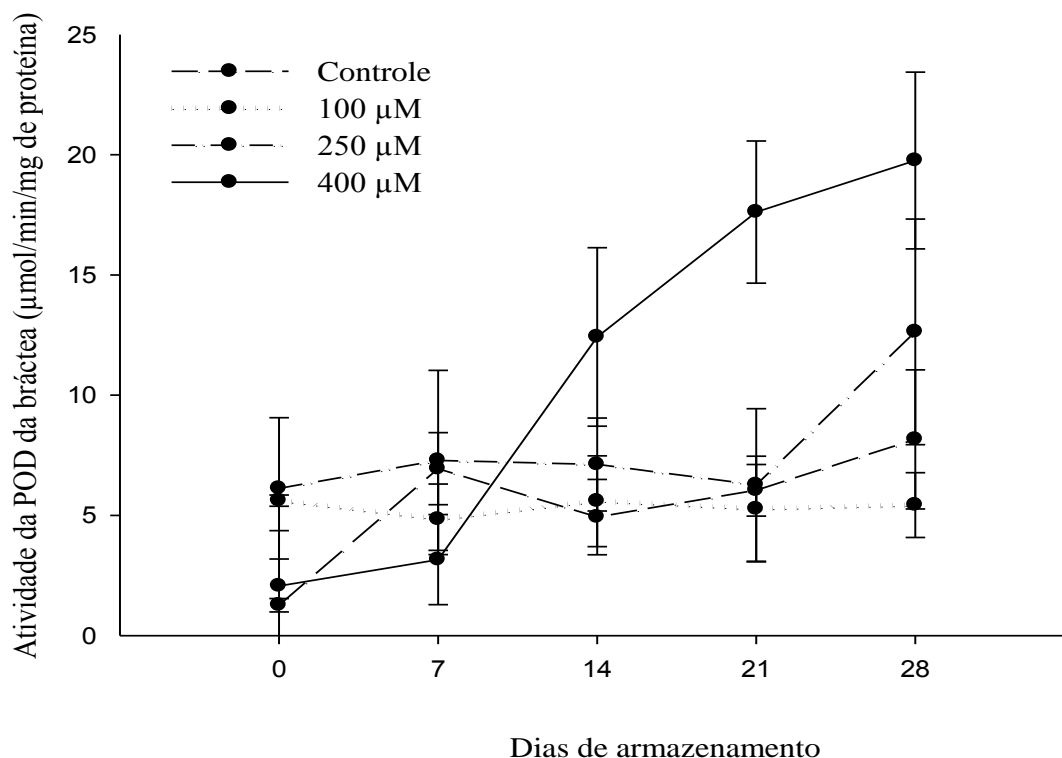


Figura 12 - Atividade da enzima peroxidase (POD) nas brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM , 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

Houve aumento na atividade da POD das sépalas tratadas com MJ à 5 °C ao longo do armazenamento, intensificando-se com o aumento da dose (Figura 13). O uso de 100 μM , 250 μM e 400 μM de MJ aumentaram a atividade da POD no dia 28 em relação ao dia 0 em 4,3%; 68,6% e 85,8%, respectivamente. O aumento da atividade da POD com a aplicação de MJ pode estar relacionado com o favorecimento do acúmulo de EROs nos estágios iniciais do estresse, que atuam como indutores na ativação da POD (Soares, 2006). Enquanto o controle apresentou redução de 3,5% no dia 28 em relação ao dia 0.

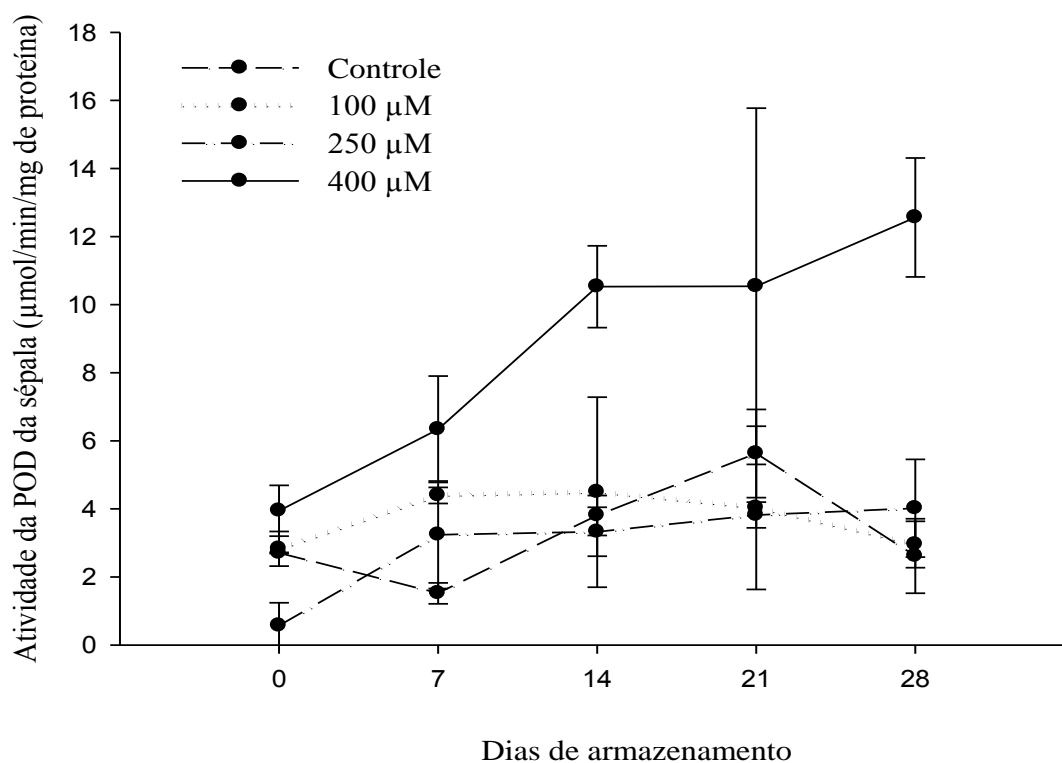


Figura 13 – Atividade da enzima peroxidase (POD) nas sépalas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM , 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

À temperatura ambiente, a atividade da POD das brácteas e sépalas no dia 0 foi maior nas doses de 100 μM e 400 μM (Tabela 1). No sétimo dia não houve diferença estatística na atividade da POD das brácteas enquanto, nas sépalas as doses de 100 μM e 400 μM apresentaram maior atividade (Tabela 1), indicando que o uso de MJ não foi efetivo em reduzir a atividade enzimática nesta temperatura.

Tabela 1 – Atividade da enzima peroxidase (POD) em *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μ M, 250 μ M e 400 μ M) e o controle (sem MJ), armazenadas à temperatura ambiente, por sete dias. Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle e médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle. Ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

Temperatura ambiente		
Dose	Atividade da peroxidase (μ mol /min/mg de proteína)	
	Dia 0	Dia 7
----- Bráctea -----		
Controle	0,61	4,48
100 μ M	2,13 *	6,92 ns
250 μ M	0,43 ns	2,85 ns
400 μ M	2,86 *	1,35 ns
----- Sépala -----		
Controle	1,89 b	5,72
100 μ M	4,72 *	16,98 *
250 μ M	3,86 ns	8,80 ns
400 μ M	4,78 *	10,87 *

2.3.6 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos das brácteas, apresentaram comportamento quadrático em todos os tratamentos à 5 °C (Figura 14). Houve aumento de 84,1%; 94,5%; 75,2% e 74,5% de compostos fenólicos no último dia de armazenamento, em relação ao dia 0, para o controle, 100 μ M, 250 μ M e 400 μ M, respectivamente. O aumento dos compostos fenólicos no último dia de avaliação em relação ao dia 0 foi menor em brácteas tratadas com MJ nas dosagens de 250 μ M e 400 μ M. Os compostos fenólicos estão associados á ocorrência de manchas escurecidas que levam a depreciação do produto. Dar et al. (2014), observou aumento no teor de fenóis em *Dianthus chinensis* com a progressão da senescência do dia 2 ao dia 5, não sendo avaliado o efeito da refrigeração.

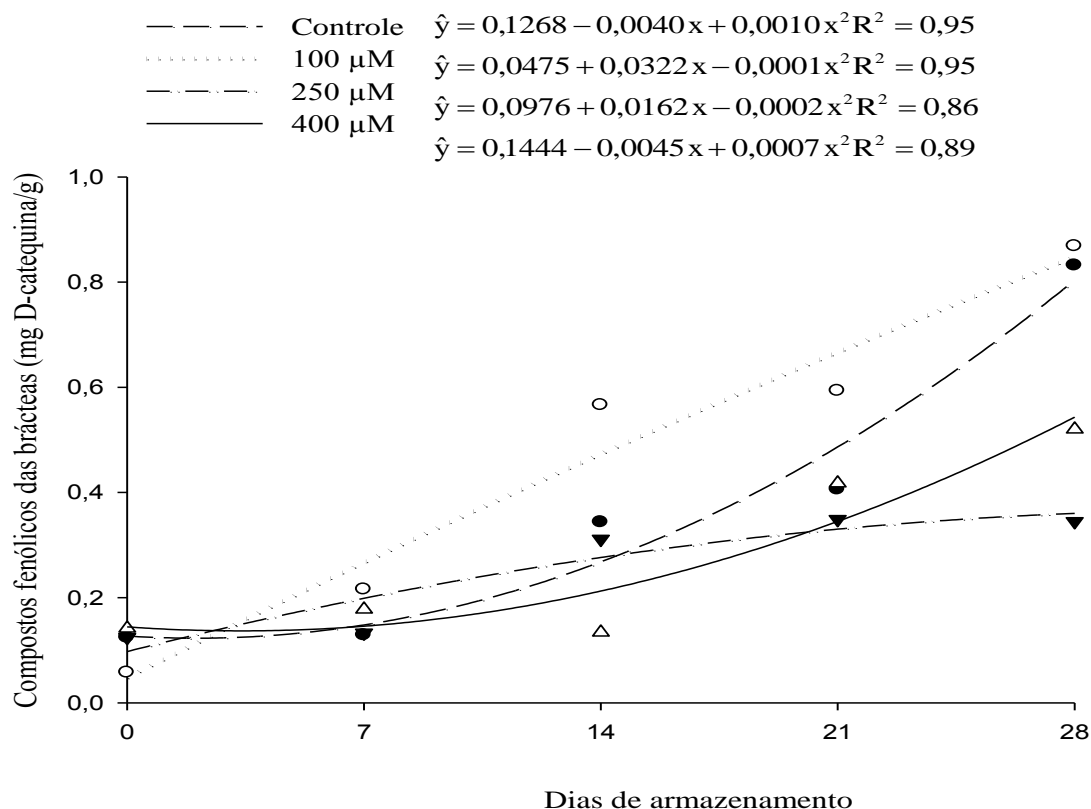


Figura 14 – Estimativa dos compostos fenólicos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM , 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

À 5 °C, os compostos fenólicos das sépalas apresentaram ajuste quadrático em todos os tratamentos (Figura 15). Houve aumento de 81,3%; 56,6%; 41,9% e 67,5% nos compostos fenólicos do último dia de armazenamento, em relação ao dia 0, para o controle, 100 μM , 250 μM e 400 μM , respectivamente. O aumento dos compostos fenólicos no último dia de avaliação em relação ao dia 0 foram menores com o uso de MJ, sendo o menor aumento na dose de 250 μM . Em pêssegos armazenados por 3 semanas à 5 °C seguido de exposição por 3 dias à 20 °C, com a aplicação de MJ, observou-se maior atividade da POD e menor teor de compostos fenólicos, em relação ao controle (sem MJ) (Meng et al., 2009). O que também foi verificado no presente trabalho nas sépalas

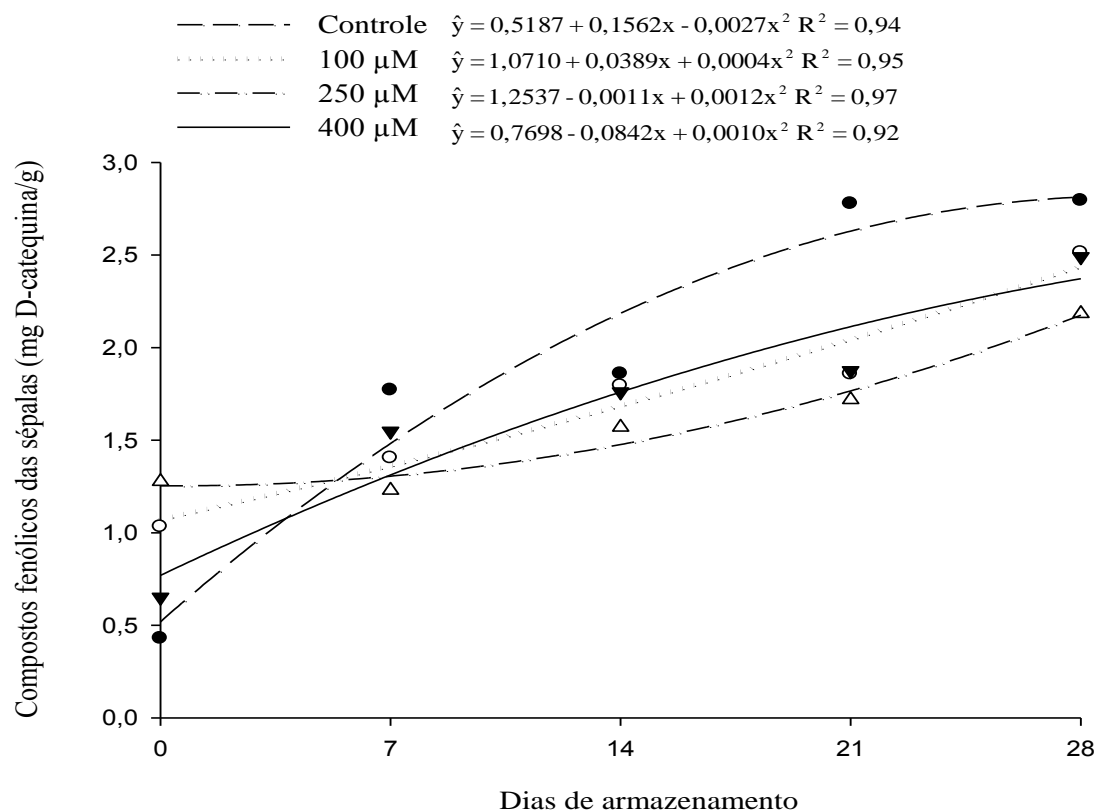


Figura 15 – Estimativa dos compostos fenólicos das sépalas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μM , 250 μM e 400 μM) e o controle (sem MJ), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

À temperatura ambiente, todas as doses de MJ reduziram os compostos fenólicos das brácteas no dia 0, porém no sétimo dia não houve diferença estatística entre os tratamentos com MJ e o controle (Tabela 2). Nas sépalas não houve diferença estatística nos dias 0 e 7, indicando que o uso de MJ não foi efetivo em reduzir os compostos fenólicos das sépalas nesta temperatura (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias de compostos fenólicos em hastes de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de MJ (100 μ M, 250 μ M e 400 μ M) e o controle (sem MJ), armazenadas à temperatura ambiente, por sete dias. Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle, e médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

Dose	Temperatura ambiente	
	Compostos fenólicos (mg D-catequina/g)	
	Dia 0	Dia 7
	----- Bráctea -----	
Controle	0,19	0,44
100 μ M	0,13 *	0,62 ns
250 μ M	0,08 *	0,58 ns
400 μ M	0,04 *	0,61 ns
	----- Sépala -----	
Controle	0,15	0,63
100 μ M	0,14 ns	0,88 ns
250 μ M	0,19 ns	0,53 ns
400 μ M	0,15 ns	0,63 ns

2.4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o MJ melhorou a qualidade da flor apenas à 5 °C, porém, não reduziu a incidência de injúria por frio.

3. CAPÍTULO 2

AÇÃO DO PULSING COM ÁCIDO SALICÍLICO NA REDUÇÃO PÓS-COLHEITA DA INJÚRIA POR FRIO EM *Strelitzia reginae*

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho determinar a ação do pulsing com ácido salicílico (AS) na qualidade e redução pós-colheita da injúria por frio em flores de corte de *Strelitzia reginae*. As hastes foram colocadas em soluções de 20% de sacarose acrescidas de três concentrações de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM), e o controle (sem AS), por 24h. Posteriormente as hastes foram transferidas para recipientes com água e acondicionadas à 5 °C, para indução da injúria por frio, durante 28 dias e à temperatura ambiente por 7 dias. Foram determinadas, a taxa de absorção de água, taxa transpiratória, massa fresca (MF), extravasamento de eletrólitos, atividade da peroxidase (POD) e compostos fenólicos das brácteas e sépalas semanalmente à 5°C e no início e final do armazenamento à temperatura ambiente. A dose de 2 mM de AS ocasionou a menor redução na absorção de água à 5 °C no dia 28 em relação ao dia 7, enquanto a dose de 4 mM permitiu um balanço hídrico negativo mais tardio e maior massa fresca. Houve menor aumento no extravasamento de eletrólitos na dose de 6 mM de AS e maior redução na atividade da POD das brácteas e sépalas no último dia de avaliação em relação ao dia zero na dose de 2 mM, à 5 °C. O AS à temperatura ambiente reduziu a absorção de água e a transpiração, e não foi efetivo na manutenção da massa fresca, redução do extravasamento de eletrólitos e atividade da POD das brácteas. A atividade da POD das sépalas à temperatura ambiente foi menor nas doses de 4 e 6 mM de AS no sétimo dia. Enquanto o teor de compostos fenólicos das sépalas no dia 0 reduziu em todas as doses de AS testadas, e nas brácteas, somente nas doses de 2 e 6 mM. Concluiu-se que o AS melhorou a qualidade das flores à 5°C e à temperatura ambiente, e reduziu a incidência de injúria por frio, sendo 2 mM a melhor dose.

3.1 INTRODUÇÃO

A *Strelitzia reginae* também conhecida como ave-do-paraíso é uma planta nativa da região costal da África do Sul (Bianchini & Pantano, 1974), sendo importante como flor de corte e em jardins, bastante comercializada na região do Mediterrâneo, sul da Califórnia e no Hawai (Halevy et al., 1976). Pertence à família Strelitziaceae da ordem Zingiberales. O Gênero *Strelitzia*, comporta cinco espécies, sendo a espécie mais produzida a *reginae*.

A floricultura tropical é uma atividade que está em ascensão no Brasil e no mundo por destacar-se como um agronegócio com elevada lucratividade por área, constituindo-se de uma alternativa para pequenos produtores (Retec, 2005). Entre os principais problemas da floricultura brasileira está o manejo pós-colheita inadequado. Ainda faltam conhecimento e tecnologia de colheita e pós-colheita que visem à redução de perdas, que no Brasil atingem 40% da produção (Dias-Tagliacozzo & Castro, 2002).

As flores são classificadas como produtos perecíveis, devido a sua alta atividade respiratória e reduzido conteúdo de carboidratos de reserva (Vieira et al., 2012). A *Strelitzia reginae* apresenta vida pós-colheita entre 6 a 16 dias (Bayogan et al., 2008). Essa diferença é devido às condições ambientais e edáficas durante o crescimento, maturidade na colheita e condições de armazenamento e transporte (Bayogan et al., 2008). O maior problema na pós-colheita de *Strelitzia reginae* é a abertura irregular das inflorescências e a susceptibilidade a danos pelo frio (Macnish et al., 2009), sendo que, temperaturas entre 10 °C e 13 °C promovem o desenvolvimento de distúrbio fisiológico denominado de chilling (Jaroenkit & Paull, 2003). Os principais sintomas da injúria por frio são descoloração, acelerada perda de água, lesões necróticas, extravasamento celular, atraso na abertura floral e aumento na susceptibilidade ao ataque de patógenos (Finger et al., 2003).

O ácido salicílico (AS) pode ser uma alternativa na redução do chilling. Pertencente ao grupo dos compostos fenólicos (Kerbaudy, 2004; Métraux, 2002; Asghari & Aghdam, 2010). Sua biossíntese pode ser através de duas vias enzimáticas diferentes: pela via dos fenilpropanóides, a partir da L-fenilalanina que é convertida em ácido trans-cinâmico que irá formar o ácido benzoico, convertido em AS por ação da enzima ácido benzóico-2-hidroxilase; e pela via do isocorismato, onde o corismato é convertido em isocorismato que é transformado em AS. A via dos fenilpropanóides está

relacionada com respostas de hipersensibilidade, que levaram a morte celular, enquanto a via do isocorismato atua na resistência sistêmica adquirida contra o ataque de patógenos (Souza, 2007).

O uso de AS no controle de perdas pós-colheita, apresenta grande potencial por alterar a expressão de genes de resistência a estresses, principalmente abiótico (luz, seca, salinidade, frio, UV e choque térmico). Além de consistir em um tratamento barato, fácil e aplicável a várias culturas (Ding et al., 2001).

O AS atua em uma série de mecanismos fisiológicos e bioquímicos, incluindo a indução da floração, produção de calor (termogênese), aumento da absorção de água, transporte de íons, germinação de sementes, resistência a doenças, inibição da síntese de etileno por atuar nas enzimas de sua biossíntese (Asghari & Aghdam, 2010), aumento da atividade fotossintética, por afetar a estrutura dos cloroplastos, conteúdo de clorofila e carotenoides e a atividade das enzimas rubisco e anidrase carbônica (Shamsul et al., 1992), e indução do fechamento estomático afetando dessa forma a transpiração. O tratamento com AS também vem se mostrando promissor em aumentar a resistência a lesões por frio, como visto em trigo (Tasgin et al., 2006), milho (Janda et al., 1999), tomate (Ding et al., 2002), pêssego (Wang et al., 2006; Cao et al., 2010) e romã (Sayyari et al., 2009). Não existem estudos que se propuseram determinar a ação dessa substância na redução de injúria por frio em flores, de forma isolada ou em combinação com outras técnicas de preservação pós-colheita como o pulsing.

O uso de soluções de pulsing consiste na imersão das hastes florais em uma solução contendo sacarose, podendo ser acrescida de outras substâncias, logo após a colheita, transporte ou mesmo no armazenamento (Armitage & Laushman, 2003). O fornecimento de açúcares melhora o balanço hídrico por afetar o fechamento estomático, conseqüentemente a transpiração, e pela redução do potencial osmótico aumentando assim a absorção de água, além de atuar como substrato respiratório. Essas soluções permitem o aumento da vida de vaso e manutenção da coloração, além de ser uma alternativa para favorecer a uniformização da abertura floral.

O presente trabalho teve como objetivo determinar a ação da aplicação de pulsing com AS na qualidade e redução pós-colheita da injúria por frio em flores de corte de *Strelitzia reginae*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

As hastes florais de *Strelitzia reginae* foram colhidas na área experimental da Universidade Federal de Viçosa – UFV a 20° 45' de latitude sul e 42° 51' de latitude oeste a 651 m de altitude. A adubação (5° aproximação, 1999) e os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade e a recomendação para a cultura. A colheita foi realizada às 7 horas da manhã quando as hastes apresentavam um florete aberto (ponto de colheita comercial). Posteriormente foi realizada a limpeza, lavagem e padronização do comprimento total das hastes em 25 cm, sendo o corte realizado dentro da água para evitar a entrada de ar nos vasos xilemáticos.

As hastes florais foram submetidas à soluções de pulsing com 20% de sacarose acrescida das concentrações de 2 mM, 4 mM e 6 mM de AS e o controle (sem AS) por 24 horas. Posteriormente, foram transferidas para recipientes contendo água e armazenadas à 5 °C (para a indução de injúria por frio) por 28 dias e à temperaturas ambiente por 7 dias. As avaliações foram feitas nos dias 0, 7, 14, 21 e 28 durante o armazenamento a 5 °C e no dia 0 e 7 à temperatura ambiente. Foi considerado término do tratamento quando o primeiro florete aberto da inflorescência apresentava-se murcho com manchas necróticas nas sépalas e extremidades das brácteas e escurecimento das pétalas. As avaliações realizadas estão descritas abaixo:

2.2.1 Taxa de absorção de água

A taxa de absorção de água foi determinada conforme metodologia descrita por Van Doorn et al, (2002). Para isso, as hastes foram dispostas em tubos individuais, inicialmente pesados, contendo cerca de 200 g de água deionizada. Diariamente, os tubos foram pesados com e sem as hastes. Para anular os efeitos da evaporação, a extremidade superior dos tubos foram envolvidas com filme de PVC em 4 camadas.

A taxa de absorção de cada solução foi obtida pelo volume de solução consumida, em mg g⁻¹ MF dia⁻¹, sendo calculada pela seguinte fórmula:

$$V = (PSi - PSf) / PHf.$$

V: volume de solução absorvida;

PSi: peso inicial da solução;

PSf: peso final da solução;

PHf: massa final da haste.

2.2.2 Taxa transpiratória

Para avaliar a taxa de transpiração, foi utilizado a metodologia descrita por Van Doorn et al. (2002). As hastes foram dispostas em tubos individuais, inicialmente pesados, contendo 200 g de água deionizada. Diariamente, os tubos foram pesados com e sem as hastes. Para anular os efeitos da evaporação, a extremidade superior dos tubos foram envolvidas com filme de PVC em 4 camadas.

A taxa de transpiração foi estimada, em $\text{mg g}^{-1} \text{MF dia}^{-1}$, subtraindo-se a variação da massa fresca das hastes do volume de solução absorvida, por meio da fórmula:

$$T = Vc - [PH (f) - PH (i)]$$

T: taxa de transpiração;

Vc: volume de solução consumida;

PH (i): massa da haste inicial;

PH (f): massa da haste final.

2.2.3 Massa fresca

Para determinar a variação da massa fresca, as hastes florais foram pesadas em balança digital (Marconi AS 500C) em cada dia de avaliação e os dados expressos em percentagem, em relação ao peso inicial das hastes. O peso inicial foi considerado de 100%.

2.2.4 Extravasamento de eletrólitos

A percentagem de integridade absoluta da membrana celular (PIA) foi avaliada através do extravasamento de eletrólitos medido com condutivímetro (LFT 613T, Schott Geratie), em quatro discos de 10 mm de diâmetro retirados da bráctea. Os discos permaneceram em recipientes fechados, imersos em 20 mL de água destilada por 6h, quando realizou-se a primeira leitura de condutividade livre (CL). Em seguida, os recipientes foram colocados em estufa a 90°C por 2 horas. Após serem resfriados foi realizada a segunda leitura de condutividade total (CT). A porcentagem da integridade absoluta foi calculada conforme a equação: $PIA = (CL / CT) \times 100$, sendo os valores padronizados de acordo com o peso dos discos (Lima et al., 2002).

2.2.5 Atividade da peroxidase

Na extração da peroxidase, 5g de material vegetal foi homogeneizados em 25 mL de tampão de extração (tampão fosfato 0,1 M, pH 6,0, acrescido de 0,1% de bissulfito de sódio e 0,15 M de cloreto de sódio). Esse homogeneizado foi filtrado em quatro camadas de gaze e centrifugado a 17.000 g por 30 minutos, a 4°C. Na determinação da atividade enzimática da peroxidase, uma alíquota de extrato enzimático foi adicionado ao meio de reação contendo 0,5 mL de guaiacol (1,7%), 1,5 mL de tampão fosfato 0,1 M (pH 6,0) e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio (1,8%). O branco foi constituído por todos os componentes do meio de reação, exceto o extrato enzimático, que foi substituído por água. A atividade enzimática foi determinada em espectrofotômetro, observando-se a variação da absorbância no comprimento de onda de 470 nm, a 25 °C, e expressa em $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ de proteína (Neves, 2003). O mesmo extrato utilizado na determinação da atividade enzimática foi utilizado para quantificação da proteína pelo método de Bradford (1976), utilizando albumina soro bovina (BSA) como padrão.

2.2.6 Compostos fenólicos

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi avaliado pelo método de Folin-Denis, descrito por Kubota (1995), com modificações. Cerca de 50 g de material vegetal foi macerado com 10 mL de metanol. O homogeneizado foi centrifugado, retirado uma alíquota de 0,5 mL e misturada com 2,5 ml do reagente de Folin-Denis 1:3 e 2 mL de NaCO_3 10% (anidro), seguido de agitação. Após 1 hora de repouso no escuro as amostras foram lidas em espectrofotômetro na absorbância de 700 nm, com utilização de D-catequina como padrão.

2.2.7 Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas as doses e nas subparcelas os dias de avaliações. O experimento foi composto de quatro blocos e a unidade experimental constituída de duas hastes florais. Os dados foram analisados por meio de análise de

variância e regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genética da UFV (GENES-UFV). Para a escolha do modelo de regressão baseou-se na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t ao nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQreg} / \text{SQtrat}$) e o comportamento biológico em estudo. Para comparar a média da testemunha e o padrão utilizou-se o teste de Dunnett adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Nos tratamentos à temperatura ambiente foi realizado somente o teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade. Para as análises de absorção de água e massa fresca foram feitas análises descritivas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSÃO

3.3.1 Taxa de absorção de água

A taxa de absorção de água pelas hastes mantidas à 5 °C, aumentou no 14º dia nos tratamentos com AS. Esse aumento foi de 2,9%; 26,0%; 7,8% nas doses de 2 mM, 4 mM e 6 mM, respectivamente (Figura 1), indicando que o AS favoreceu a absorção de água. No entanto, o controle reduziu em 2,2% a taxa de absorção de água. Posteriormente houve redução no dia 21 em relação ao dia 14, em todos os tratamentos, de 69,7%; 54,6%; 60,9% e 65,3%, para o controle, 2 mM, 4 mM e 6 mM, respectivamente. Em seguida houve aumento no dia 28 para as doses de 2 mM, 4 mM e 6 mM, de 50,1%; 26,3 e 9,8%, respectivamente com redução no controle de 13,4% (Figura 1).

As reduções na absorção de água no dia 28 em relação ao dia 7 foram de 74,4%; 1,6%; 28,3% e 60,4%, para o controle, 2 mM, 4 mM e 6 mM, respectivamente (Figura 1). Essa redução na taxa de absorção de água pode ser devido ao bloqueio dos feixes vasculares. A obstrução pode ser por microrganismos, deposição de pectina e fenóis ou por embolismo (De Pascale & Viggiani, 1998), sendo que, um ou mais tipos de bloqueio podem coexistir em uma mesma espécie (Van Meeteren et al., 2006). Em hastes de *Strelitzia reginae* o bloqueio é de natureza fisiológica envolvendo a atividade das enzimas POD e PPO (Marques et al., 2011) sendo a influência da POD maior (Karsten, 2009). O dano mecânico gerado pelo corte das hastes pode aumentar a expressão de genes envolvidos com a cicatrização ao dano (Kombrink & Hahlbrock, 1990). Entre os genes que têm a expressão aumentada estão os das enzimas POD e PPO (Okey et al., 1997). Estas enzimas estão envolvidas no bloqueio vascular, através da

oxidação dos álcoois *p*-cumaril, coniferil e sinapil que são precursores da lignina (Boerjan et al., 2003). A lignina é um composto que faz parte do metabolismo secundário das plantas e em caso de estresse, funciona como mecanismo de proteção se depositando na superfície do corte, porém dificulta a entrada de água nos vasos (Loubaud & Van Doorn, 2004).

Com o uso de AS a redução na absorção de água no dia 28 em relação ao dia 7 foi menor, sendo na dose de 2 mM a menor redução, indicando que essa dosagem favoreceu a manutenção da turgescência da flor. O AS atua na condutância estomática, transpiração e absorção (Asghari & Aghdam, 2010), sendo seu efeito dependente da concentração.

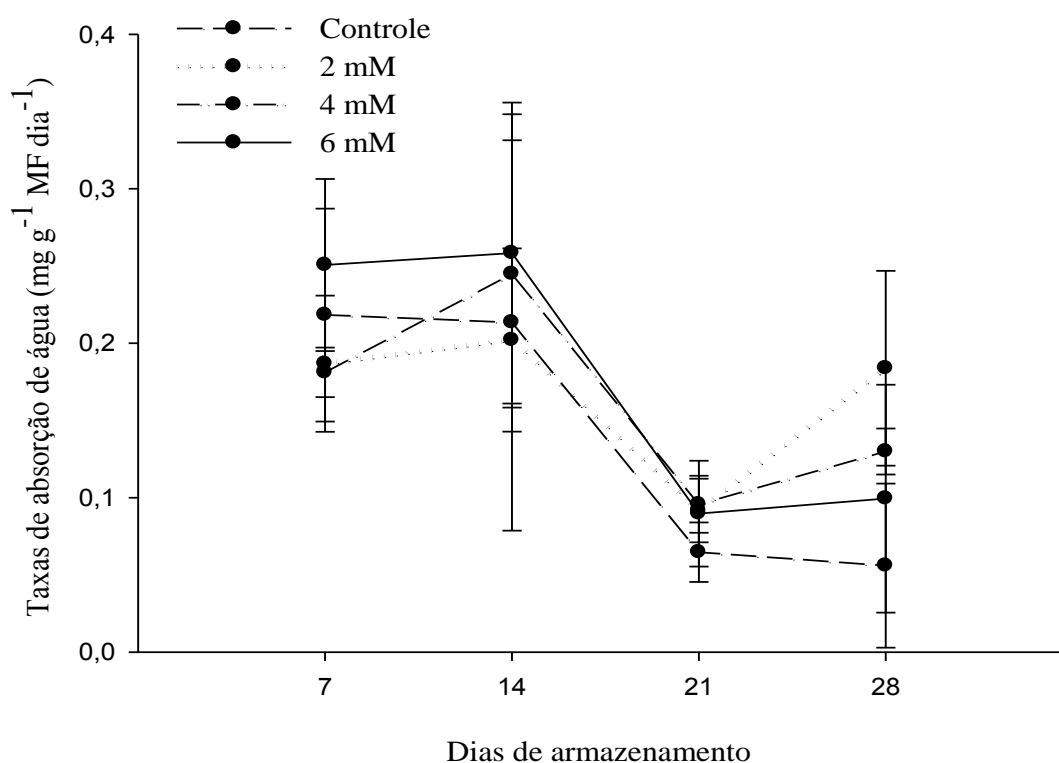


Figura 1 – Taxas de absorção de água pelas hastes de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C durante 7, 14, 21 e 28 dias.

À temperatura ambiente, as flores do controle apresentaram maior taxa de absorção de água no sétimo dia (Figura 2), absorvendo 84,7%; 74,2% e 86,0% a mais que as flores tratadas com 2 mM, 4 mM e 6 mM de AS, respectivamente, verificando que o ácido salicílico reduziu a absorção de água nesta temperatura, o que pode estar

associado, com a indução da atividade da POD, com a aplicação de AS (Tian et al., 2007), o que foi verificado em trabalhos com pepino (Liu et al., 2009) e cereja doce (Yao & Tian, 2005).

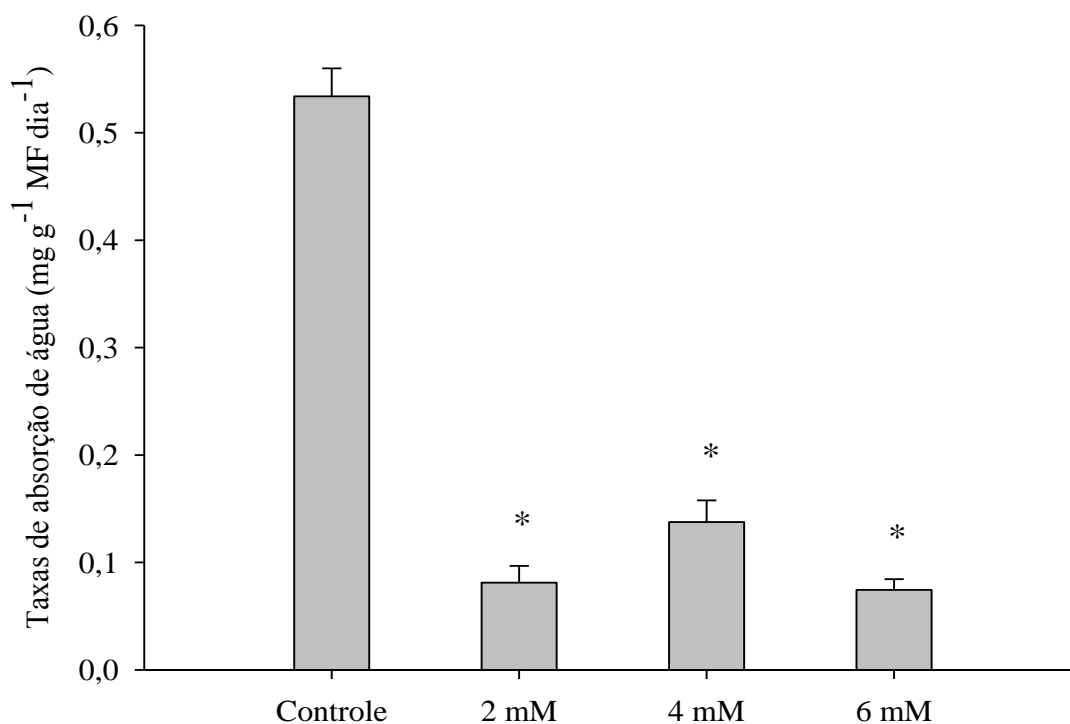


Figura 2 – Taxas de absorção de água pelas hastes de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS) no sétimo dia de armazenamento à temperatura ambiente. Médias seguidas por *, diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

3.3.2 Taxa transpiratória

A taxa transpiratória, à 5 °C apresentou ajuste quadrático em todos os tratamentos (Figura 3). Os pontos críticos máximo ocorreram aos 17,6; 29,0 e 21,4 dias, com taxa de transpiração de 1,3; 2,3 e 2,1 mg g⁻¹ MF dia⁻¹ para o controle, 2 mM e 4 mM, respectivamente. Na concentração de 6 mM o ponto crítico mínimo ocorreu aos 22,2 dias com taxa transpiratória de 0,66 mg g⁻¹ MF dia⁻¹ (Figura 3).

Após a colheita a rápida senescência está associada com a atividade transpiratória e redução na absorção de água (Jaroenkit & Paull, 2003), que leva ao balanço hídrico negativo, devido à taxa de absorção de água ser menor que a taxa de

transpiração (Van Meteren et al., 2006). Karsten, (2009) observou balanço hídrico negativo a partir do 4º dia de armazenamento em *Strelitzia reginae*. No presente trabalho verificou-se que no controle a taxa transpiratória foi maior nos 14º e 21º dias em relação à taxa de absorção, enquanto nos tratamentos com 2 mM foi a partir do 14º dia. As flores à 4 mM apresentou taxa transpiratória maior que a absorção de água apenas no vigésimo primeiro dia, enquanto na dosagem de 6 mM no 7º dia já se observava esse comportamento (Figura 1 e 3). O balanço hídrico negativo dependeu da dosagem de AS utilizada, sendo que à 4 mM foi mais tardio.

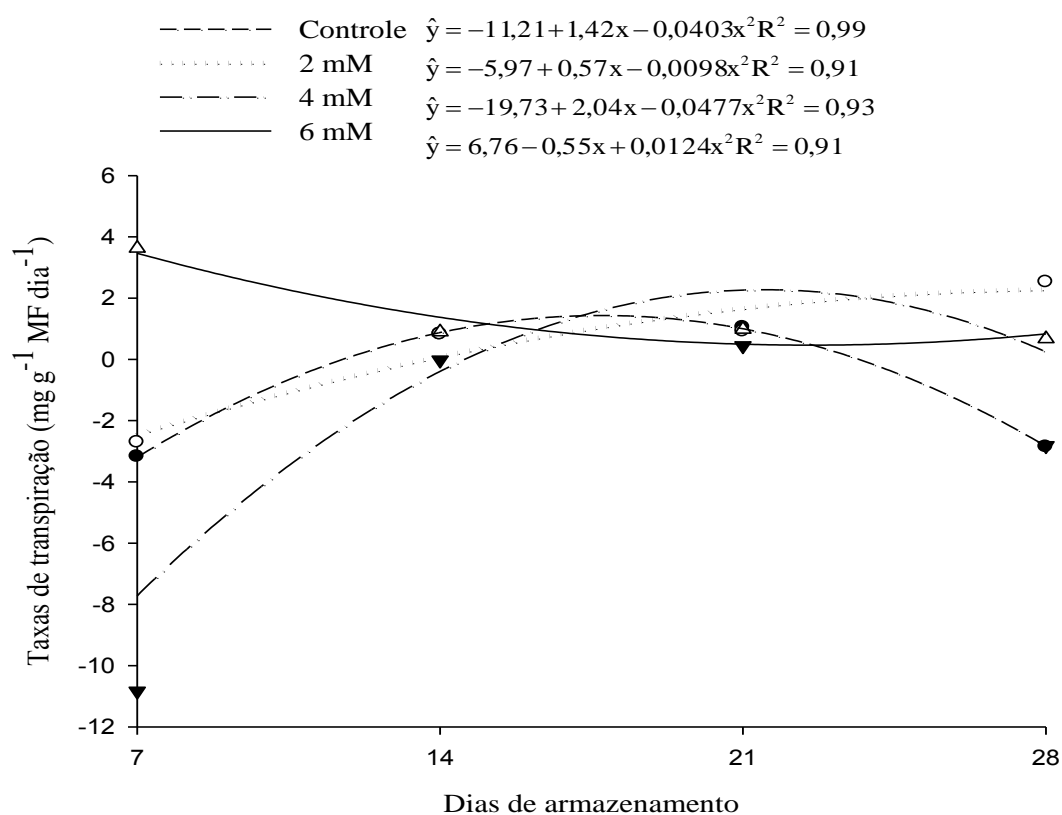


Figura 3 – Estimativas das taxas transpiratórias de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C durante 7, 14, 21 e 28 dias.

À temperatura ambiente a atividade transpiratória do controle diferiu dos demais tratamentos com a maior média no sétimo dia, sendo 84,8%; 63,3% e 41,5% maior em relação às flores tratadas com 2 mM, 4 mM e 6 mM de AS, respectivamente (Figura 4). Isso indica que o AS foi efetivo em reduzir a transpiração, o que pode ser devido a sua atuação na condutância estomática (Asghari & Aghdam, 2010). A aplicação de AS em

plantas de milho sob condições de estresse salino e na ausência do estresse reduziu a taxa transpiratória. O mecanismo pelo qual o AS regula a abertura estomática ainda não está bem elucidado (Khoshkhai & Saharkhiz, 2009). Acredita-se estar relacionado com a sinalização devido a produção de EROs e aumento da concentração de Ca^{2+} no citossol (Allan & Fluhr, 1997).

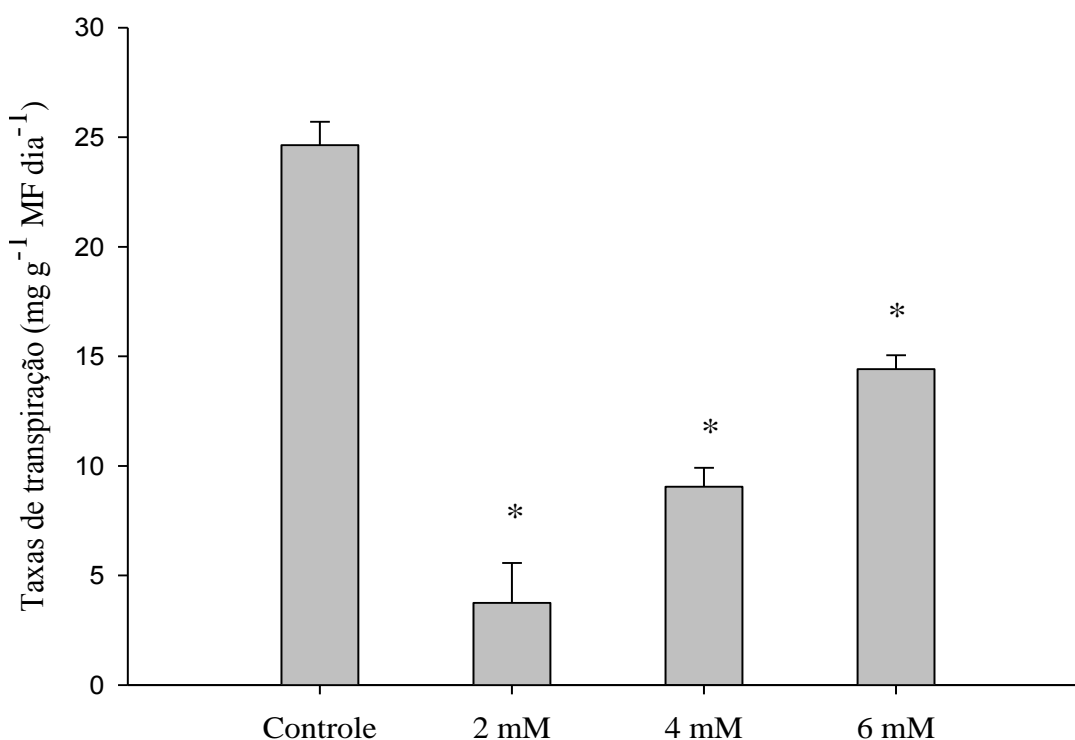


Figura 4 – Médias das taxas transpiratórias de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS) no sétimo dia de armazenamento à temperatura ambiente. Médias seguidas por * diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

3.3.3 Massa fresca

À 5 °C a massa fresca das flores aumentou no sétimo dia no controle, e nos tratamentos à 2 mM e 4 mM, sendo esse aumento de 6,3%; 21,7% e 19,9%, respectivamente, indicando que a absorção de água foi superior à taxa transpiratória no dia 7 (Figura 1 e 3). Posteriormente reduziu até o 21º dia. O tratamento controle e da dose de 4 mM aumentaram a massa fresca no dia 28 em 3,5% e 10,8%, respectivamente, em relação ao dia 21, enquanto a dose de 2 mM reduziu em 14,6%. A

massa fresca do dia 28 em relação ao dia 0 aumentou em 6,5%; 1,9%, 34,2%, para o controle, e as doses de 2 mM e 4 mM, respectivamente. O tratamento com 6 mM reduziu a massa fresca no sétimo dia em 17,6%, seguido de aumento de 13,1% no dia 14, em relação ao dia 7, com pequenas oscilações no final do armazenamento. A redução da massa fresca no dia 28, em relação ao dia 0 no tratamento à 6 mM foi de 4,28 % (Figura 5).

A variação da massa fresca com o armazenamento é causada pela transpiração, redução da absorção de água devido à obstrução da haste ou por fatores geneticamente determinados (Ichimura et al., 2006). A longevidade floral está diretamente relacionada com a manutenção de um nível elevado, ou pelo menos constante, de massa fresca das flores durante a vida pós-colheita (Ichimura et al., 2006). Redução de 10% a 15% de massa fresca já compromete a qualidade e a durabilidade das flores, que nesse estado já podem apresentar murcha (Nowak & Rudnicki, 1990).

As flores à 4 Mm apresentaram maiores médias de massa fresca. O que pode ser devido à ação da sacarose, por induzir o fechamento dos estômatos e reduzir o potencial osmótico favorecendo a absorção de água (Marousky, 1972), complementando com a ação do AS sobre a atividade respiratória, sendo seu efeito dependente da concentração. O consumo de reservas no processo respiratório é um dos fatores responsáveis pela redução da massa fresca. O AS reduz a respiração por afetar a atividade da enzima AOX (Raskin, Turner, & Melander, 1989), e apresentar efeito negativo sobre celulasas e enzimas antioxidantes, favorecendo assim, a manutenção da massa fresca.

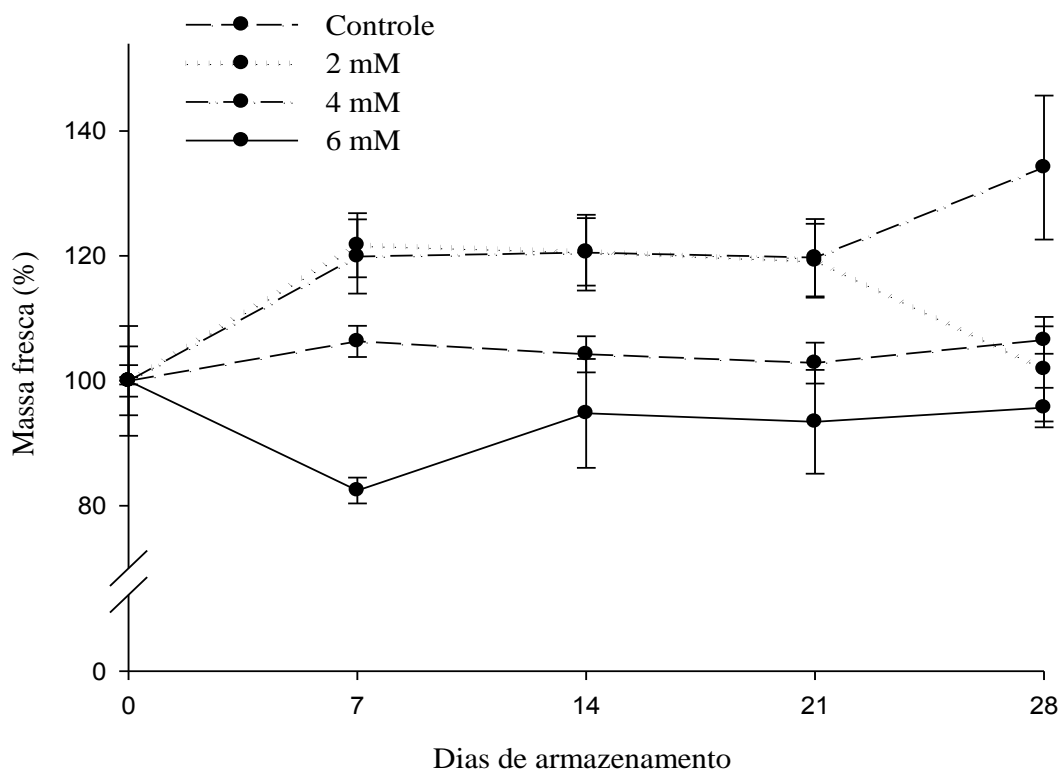


Figura 5 – Massa fresca das *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

As doses de 2 mM e 4 mM obtiveram maior média de massa fresca nos dias 7, 14 e 21, diferindo do controle, enquanto, no dia 28 foi somente a dose de 4 mM (Figura 6).

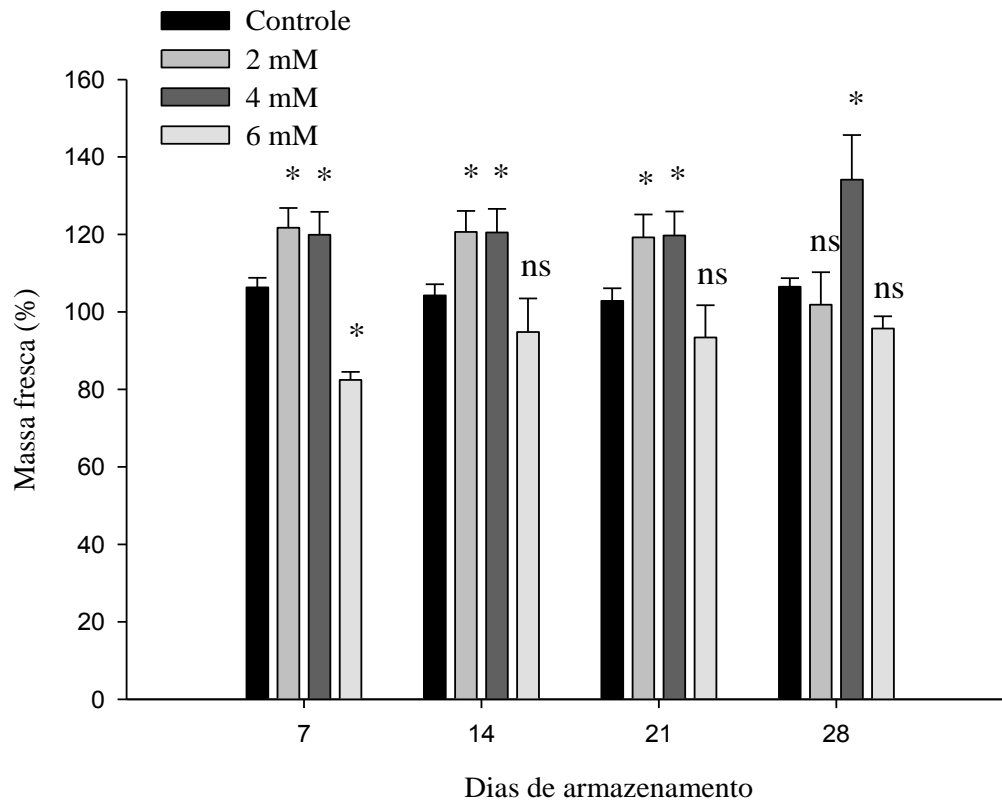


Figura 6 – Massa fresca das *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS) e armazenadas à 5 °C em cada dia de avaliação (7, 14, 21 e 28). Médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

À temperatura ambiente a massa fresca dos tratamentos com AS não diferiram do controle no sétimo dia (Figura 7). Apesar, do tratamento controle ter absorvido maior quantidade de água, apresentou também a maior taxa transpiratória, não acarretando em aumento da massa fresca. A massa fresca no sétimo dia foi de 12,2%; 5,3%; 19,8% e 18,4%, para o controle, 2 mM, 4 mM e 6 mM, respectivamente (Figura 7).

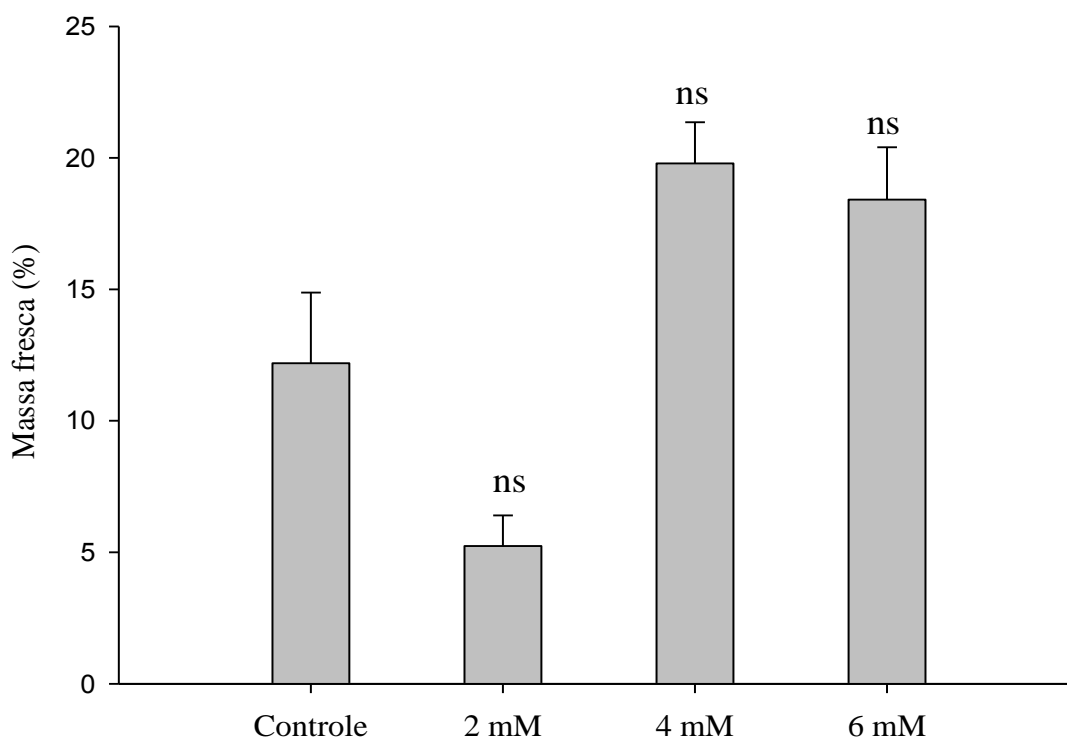


Figura 7 – Massa fresca das *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS) no sétimo dia de armazenamento à temperatura ambiente. Médias seguidas por ns não diferem do controle ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

3.3.4 Extravasamento de eletrólitos

À 5 °C o extravasamento de eletrólitos aumentou linearmente com o armazenamento, em todos os tratamentos (Figura 8), sendo esse aumento de 51,3%; 41,3%; 43,5% e 38,2% no controle, 2 mM, 4 mM e 6 mM, respectivamente. A refrigeração das flores acarretaram em danos as membranas celulares. Uma vez que o extravasamento de eletrólitos é um marcador fisiológico amplamente utilizado por pesquisadores para avaliar indiretamente a integridade das membranas celulares (Sharom et al, 1994). Pela avaliação da integridade da membrana celular, é possível avaliar o impacto da injúria por frio em muitos produtos com precisão (Shewfelt & Purvis, 1995). O dano às membranas é o evento inicial no desenvolvimento das injúrias por frio e os sintomas decorrem da geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) em níveis acima da capacidade de remoção pelas enzimas antioxidantes presentes nos

tecidos. As moléculas lipídicas passam do estado gel para o estado gel cristalino podendo resultar em alterações no metabolismo, como o extravasamento de íons, perda da atividade mitocondrial, alterações na produção de etileno e nos sistemas enzimáticos associados à membrana, e no acúmulo de metabólitos tóxicos (Ribeiro, 2003). Em folhas de manjeriço também foi observado aumento no extravasamento de eletrólitos à 5 °C, em 19,7% em três dias, coincidindo com o grau de injúria por frio (Vitor, 2014). Enquanto outros autores observaram esse aumento, porém não estava associado ao aparecimento dos sintomas visuais de injúria por frio (Messias, 2006).

O uso de AS foi efetivo na manutenção da integridade das membranas celulares, uma vez que reduziu o extravasamento celular, sendo a dose de 6 mM a que apresentou o menor aumento no extravasamento com o armazenamento refrigerado, diferindo do controle nos dias 14 e 21 (Figura 9). Isso se deve ao fato do AS induzir a expressão de genes de defesa que levam à redução da peroxidação lipídica da membrana (Kazemi et al., 2011). O AS induz a expressão da AOX e aumenta a capacidade antioxidante das células reduzindo o estresse oxidativo e a incidência de injúrias por frio. Sendo seu sistema de defesa dividido em duas formas, a primeira inclui genes da oxidase alternativa (AOX) e o segundo genes da SOD, CAT, ascorbato / ciclo da glutathione, sistema da glutathione peroxidase e sistema de tioredoxina (Buchanan, Grissem & Jones, 2000). O aumento dos níveis de transcritos de AOX utilizando AS antes do tratamento á frio reduziu a incidência de injúria por frio em pimentões verdes (Fung et al., 2004). Além disso, atua na biossíntese de proteínas de choque térmico (HSPs), que permitem o armazenamento de produtos em baixas temperaturas sem o desenvolvimento de dano pelo frio (Asghari & Aghdam, 2010). Trabalhos com tomate e pêssigo verificaram redução de injúria por frio com o uso de AS por induzir a biossíntese de HSPs (Ding et al., 2001). Verifica-se melhoria na capacidade de armazenamento refrigerado com uso de AS em muitos tipos de frutas e legumes, como pêssigo (Khademi & Ershadi, 2013; Tereen, et al., 2012), Cereja doce (Yao & Tian, 2005) e espargos (Wei et al., 2011).

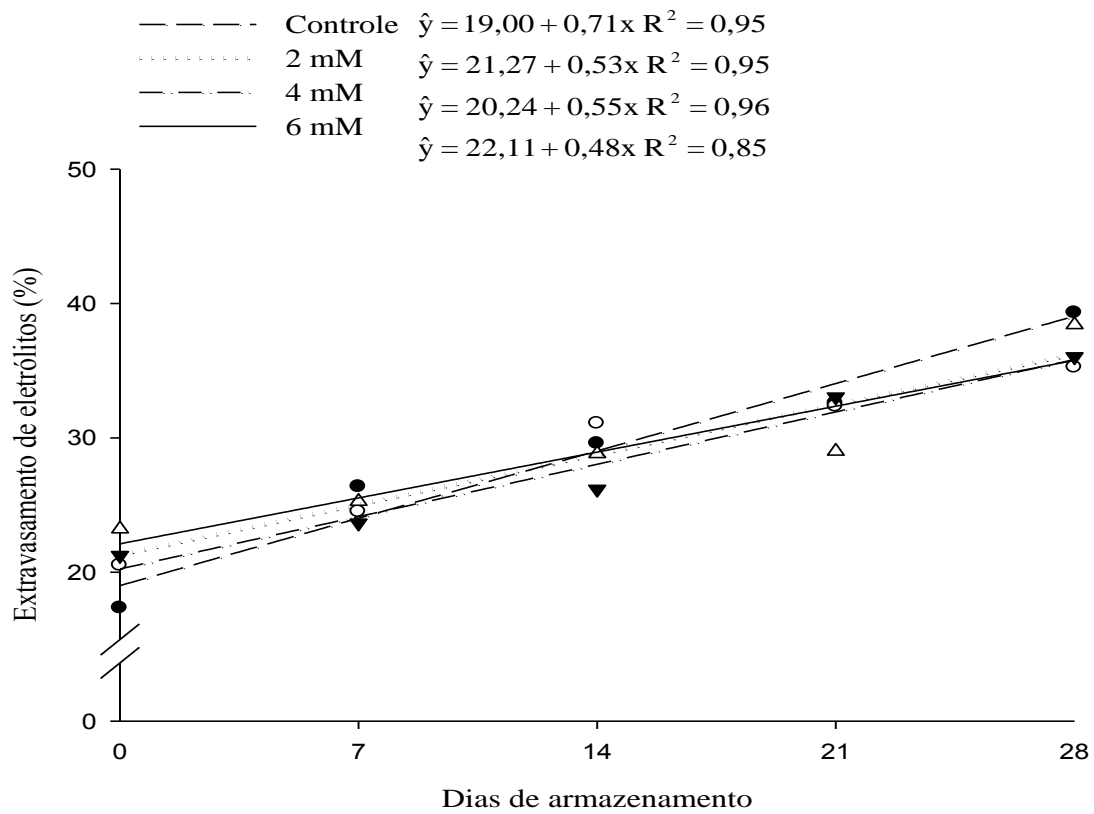


Figura 8 – Estimativa do extravasamento de eletrólitos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

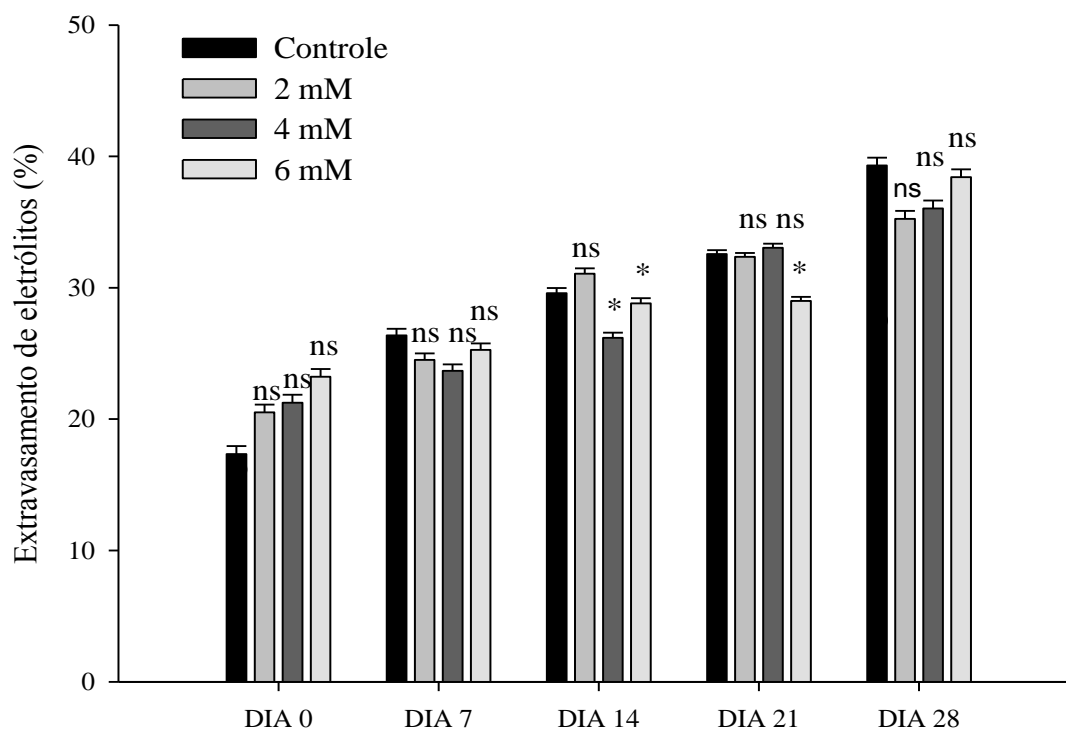


Figura 9 – Médias do extravasamento de eletrólitos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C, em cada dia de avaliação (0, 7, 14, 21 e 28). Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle. E médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle. Ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

À temperatura ambiente não houve diferença estatística entre os tratamentos com AS e o controle no dia 0 enquanto, no sétimo dia a dose de 6 mM diferiu do controle, apresentando a maior média (Figura 10), indicando que o AS não foi efetivo em reduzir o extravasamento de eletrólitos nesta temperatura.

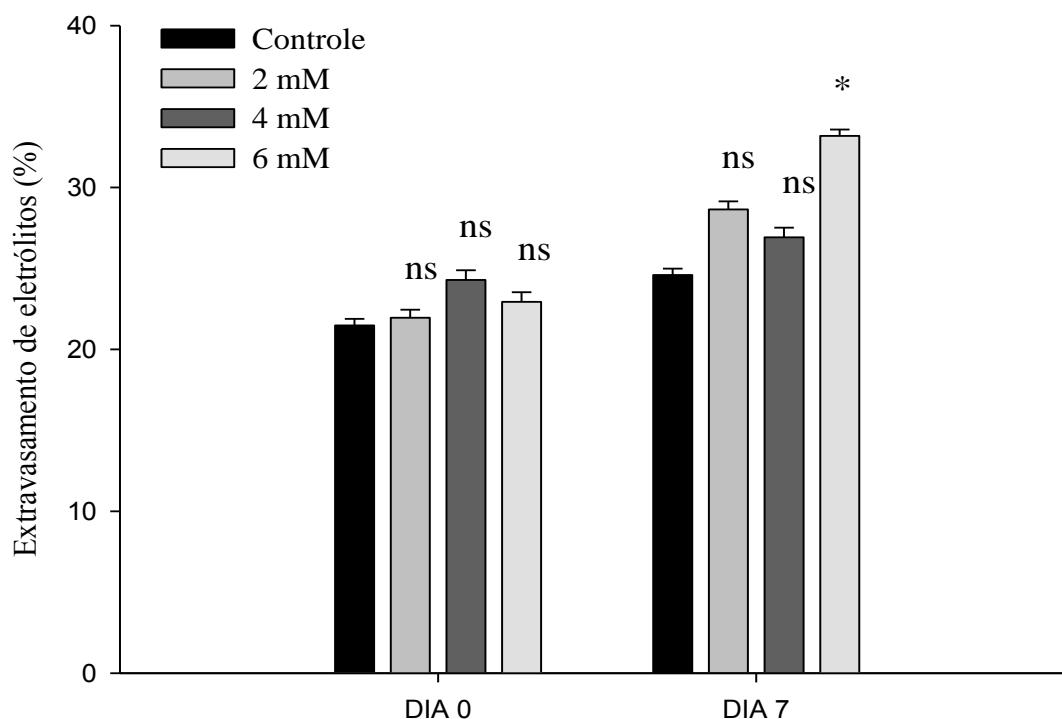


Figura 10 - Médias do extravasamento de eletrólitos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS) armazenadas à temperatura ambiente, durante sete dias. Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle. E médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle. Ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

3.3.5 Atividade da Peroxidase

À 5 °C, a atividade da peroxidase das brácteas apresentaram ajuste quadrático em todos tratamentos (Figura 11), com redução no dia 28 em relação ao dia 0 de 26,2%; 29,9%; 23,7% e 26,9% no controle, 2 mM; 4mM e 6 mM, respectivamente. As brácteas à 2 mM apresentaram a maior redução na atividade da POD. Está enzima relaciona-se com o acúmulo de peróxidos resultantes de estresses oxidativos (Hiraga, et al., 2001), pois utiliza o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) como acceptor de elétrons (Blokhina et al., 2003), doando elétrons a várias moléculas como compostos fenólicos (Passardi et al., 2005), levando ao aparecimento de manchas escuras.

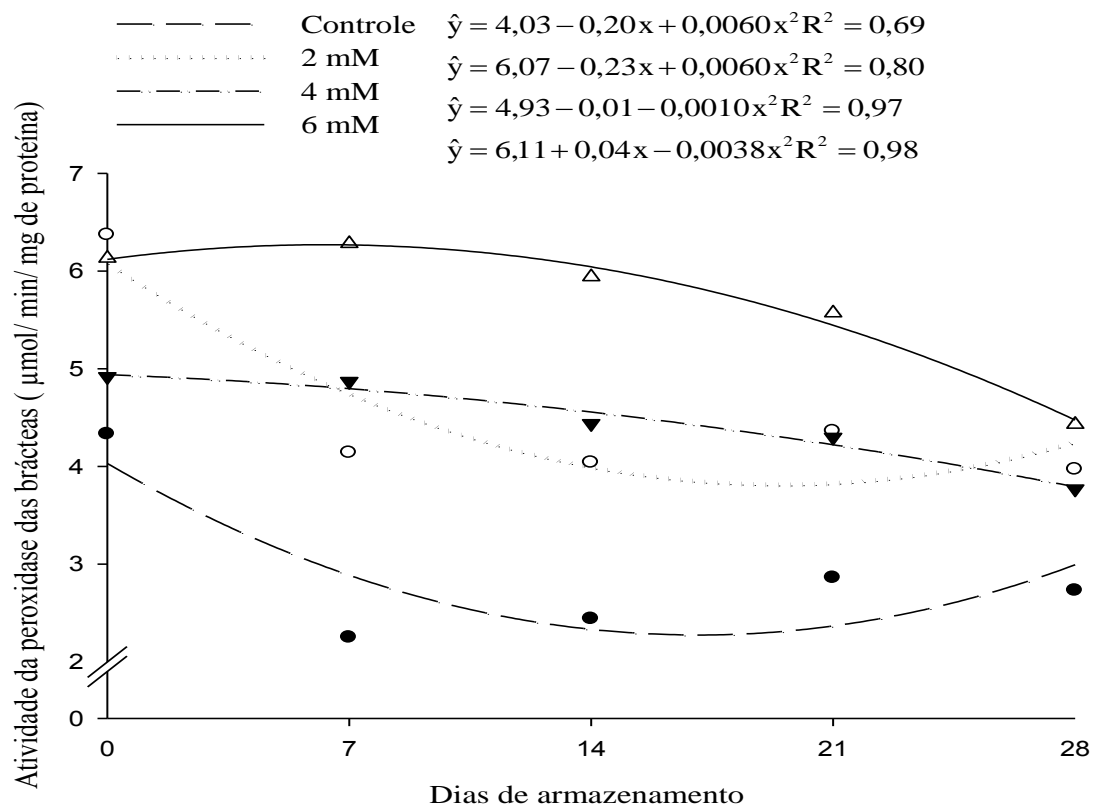


Figura 11 – Estimativas da atividade da peroxidase das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

A atividade da POD das sépalas à 5 °C apresentaram ajuste quadrático em todos os tratamentos (Figura 12). Houve aumento na atividade da enzima no dia 28 em relação ao dia 0, no controle e na dose de 4 mM, sendo o aumento da dose de 4 mM (48,9%) menor que o do controle (57,1%) (Figura 12). Nas doses de 2 mM e 6 mM verificou-se redução na atividade da POD nas sépalas do dia 28 em relação ao dia 0 em 13,4% e 3,9%, respectivamente (Figura 12), indicando que o AS foi efetivo em reduzir a atividade da enzima, sendo a dosagem de 2 mM a que apresentou a maior redução no dia 28 em relação ao dia 0.

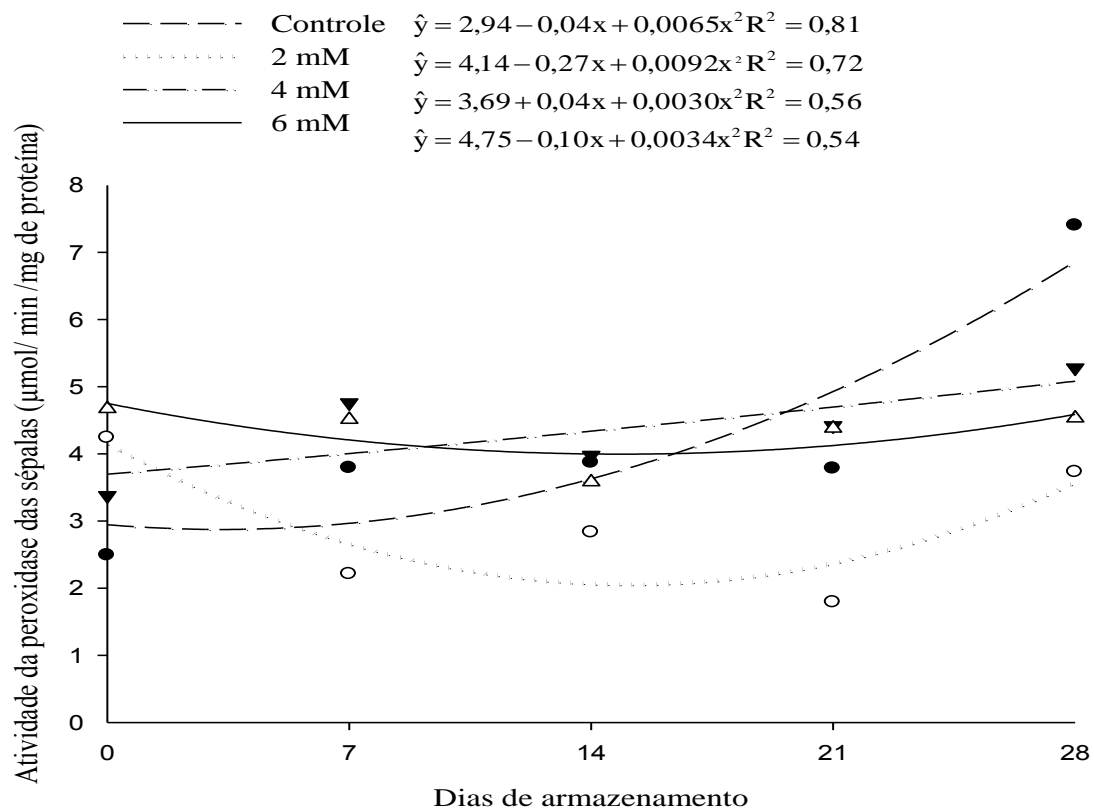


Figura 12 – Estimativas da atividade da peroxidase das sépalas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 e 28 dias.

À temperatura ambiente não houve diferença estatística entre os tratamentos com AS e o controle, na atividade da POD das brácteas e sépalas no dia 0 (Tabela 1). Porém, no sétimo dia a atividade da POD das brácteas foram maiores nas flores à 2 mM e 4 mM (Tabela 1). O aumento na atividade desta enzima também foi verificado em cerejas doces tratadas com AS (Yao & Tian, 2005). No entanto no sétimo dia as dosagens de 4 mM e 6 mM reduziram a atividade da POD nas sépalas (Tabela 1).

Tabela 1 – Atividade da peroxidase em *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à temperatura ambiente, durante sete dias. Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle. E médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle. Ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

Dose	Temperatura ambiente	
	Atividade da peroxidase ($\mu\text{mol} / \text{min}/\text{mg}$ de proteína)	
	Dia 0	Dia 7
	----- Bráctea -----	
Controle	0,91	16,37
2 mM	1,07 ns	35,28 *
4 mM	8,00 ns	26,03 *
6 mM	5,85 ns	14,76 ns
	----- Sépala -----	
Controle	1,26	11,15
2 mM	1,67 ns	11,69 ns
4 mM	2,23 ns	4,97 *
6 mM	3,27 ns	4,20 *

3.3.6 Compostos fenólicos

À 5 °C, os compostos fenólicos das brácteas e sépalas apresentaram ajuste quadrático em todos os tratamentos (Figura 13 e 14). Os compostos fenólicos das brácteas no dia 28 em relação ao dia 0 aumentaram em 97,6%; 96,9%; 97,6% e 97,5%, para o controle, 2 mM, 4 mM e 6 mM, respectivamente (Figura 13). Nas sépalas o aumento no dia 28 em relação ao dia 0 foi de 96,3%; 95,5%; 93,5% e 89,9%, para o controle, 2 mM, 4 mM e 6 mM, respectivamente (Figura 14). O AS não foi efetivo em reduzir os compostos fenólicos das brácteas, no entanto, nas sépalas com o aumento da dose de AS houve menor aumento dos compostos fenólicos no dia 28 em relação ao dia 0.

O aumento dos compostos fenólicos pode estar associado ao aparecimento de manchas escurecidas, devido à ação enzimática. A POD é uma das enzimas que realiza a oxidação de fenóis (Lima et al., 2002; Chitarra & Chitarra, 2005; Zhang & Hua, 2008), sendo responsável pelo escurecimento induzido por estresse em diferentes

espécies vegetais (Lagrimini, 1991) pela polimerização oxidativa das quinonas (Bindschedler et al., 2002). A POD utiliza o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) comoceptor de elétrons (Blokhina et al., 2003), doando os elétrons aos compostos fenólicos (Passardi et al., 2005). Porém no presente trabalho não observou-se correlação entre o aumento da atividade da POD e o aumento dos compostos fenólicos.

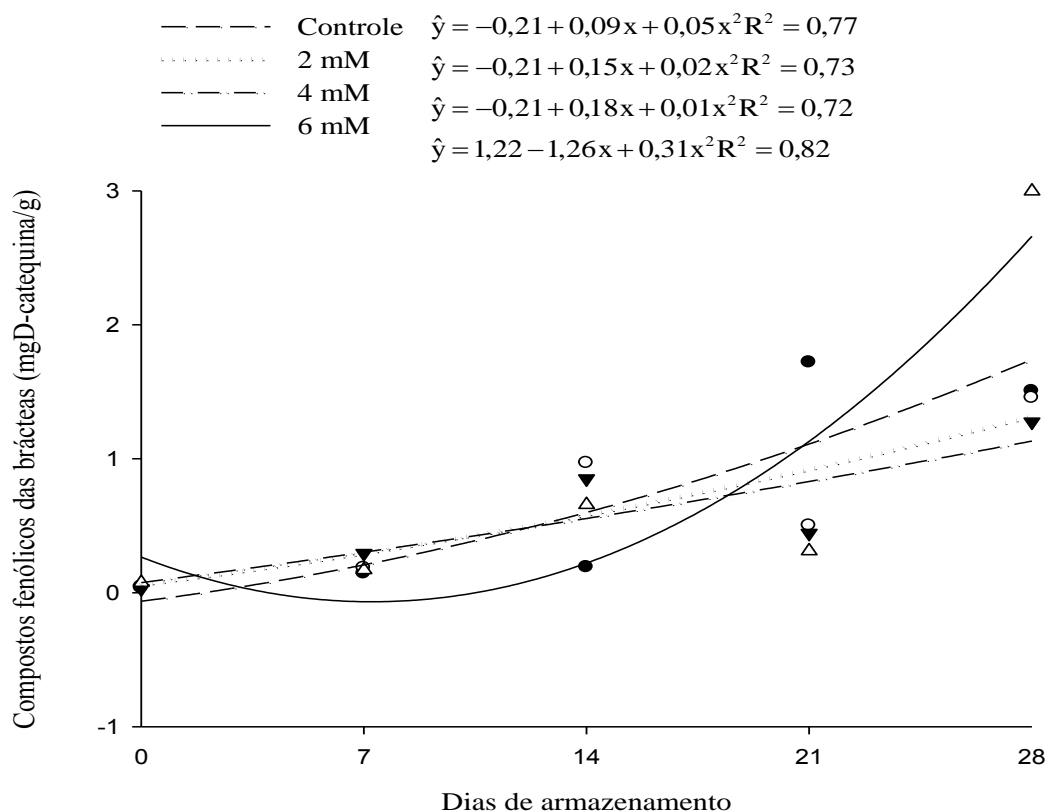


Figura 13 – Estimativas dos compostos fenólicos das brácteas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 28 dias.

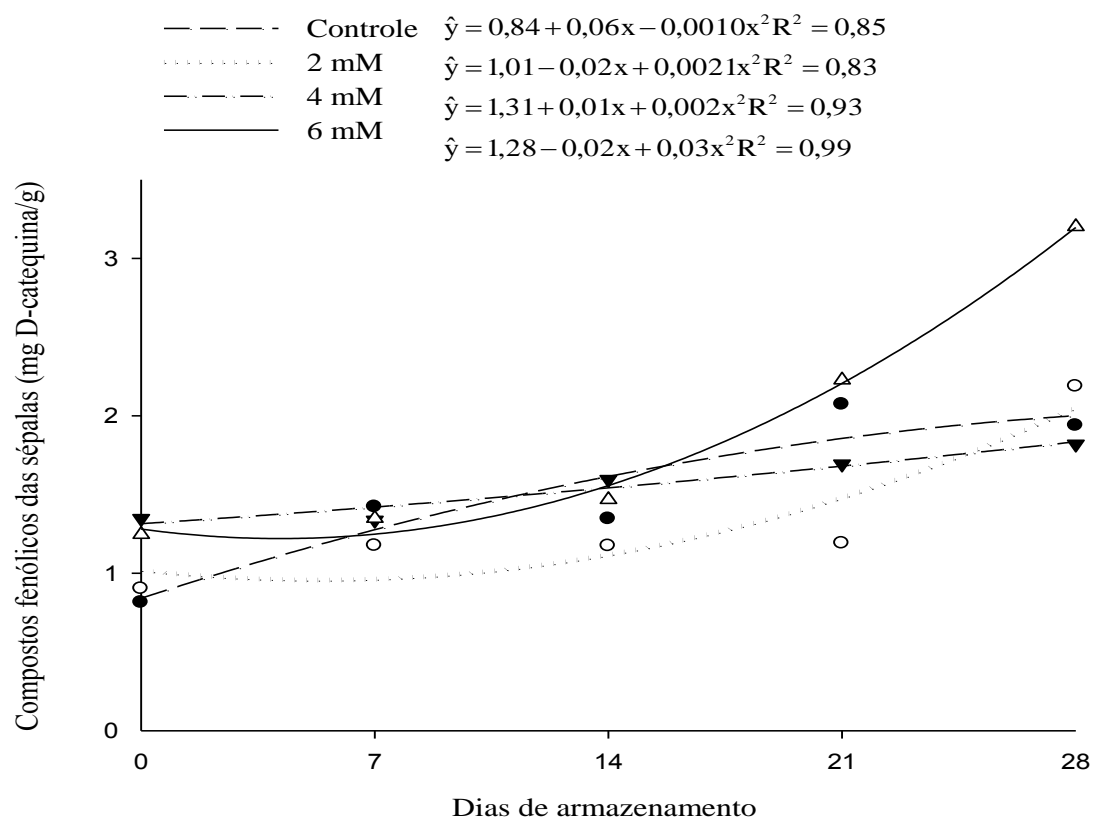


Figura 14 – Estimativas dos compostos fenólicos das sépalas de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à 5 °C, durante 0, 7, 14, 21 28 dias.

À temperatura ambiente os compostos fenólicos das brácteas nas dosagens de 2 mM e 6 mM no dia 0 diferiram do controle, enquanto no sétimo dia não houve diferença estatística (Tabela 2), indicando que essas dosagens neste período de avaliação foram efetivas em reduzir os compostos fenólicos. Enquanto nas sépalas todas as doses de AS reduziram os compostos fenólicos no dia 0, porém no 7º dia nenhum tratamento diferiu do controle (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias dos compostos fenólicos de *Strelitzia reginae* acondicionadas em soluções de pulsing com diferentes doses de AS (2 mM, 4 mM e 6 mM) e o controle (sem AS), armazenadas à temperatura ambiente, durante sete dias. Médias seguidas por *, em cada dia de avaliação, diferem do controle. E médias seguidas de ns, em cada dia de avaliação, não diferem do controle. Ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Dunnett.

Dose	Temperatura ambiente	
	Compostos fenólicos (mg D-catequina/g)	
	Dia 0	Dia 7
	----- Bráctea -----	
Controle	0,21	0,23
2 mM	0,08 *	0,39 ns
4 mM	0,21 ns	0,20 ns
6 mM	0,09 *	0,24 ns
	----- Sépala -----	
Controle	2,48	2,60
2 mM	1,07 *	2,29 ns
4 mM	0,42 *	2,66 ns
6 mM	1,85 *	2,23 ns

3.4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o AS melhorou a qualidade das flores à 5°C e à temperatura ambiente, e reduziu a incidência de injúria por frio, sendo 2 mM a melhor dose.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARMITAGE, A.M.; LAUSHMAN, J.M. **Specialty cut flowers: the production of annuals, perennials, bulbs, and woody plants for fresh and dried cut flowers.** Portland: Timber, 586p. 2003.

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

AVANCI, N.C.; LUCHE, D.D.; GOLDMAN, G.H.; GOLDMAN, M.H.S. Jasmonates are phytohormones with multiple functions, including plant defense and reproduction. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, p. 484 – 505. 2010.

BAYOGAN, E. R.; JAROENKIT, T.; PAULL, R. E. Postharvest life of Bird-of-Paradise inflorescences. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p. 259-263. 2008.

BIANCHINI, F.; PANTANO, A. C. **Tudo verde: guia das plantas e flores**. São Paulo, SP. 135p. 1974.

BINDSCHEDLER, L.F.; BLEE, K.A.; BUTT, V.S.; DAVIES, D.R.; GARDNER, S.L.; GERRISH, C.; MINIBAYEVA, F. The apoplastic oxidative burst in response to biotic stress in plants: a three-component system. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1357-1376. 2002.

BLEE, K. A.; WHEATLEY, E. R.; BONHAM, V. A.; MITCHELL, G. P.; ROBERTSON, D.; SLABAS, A. R.; BURRELL, M. M.; WOJTASZEK, P.; BOLWELL, G. P. Proteomic analysis reveals a novel set of cell wall proteins in a transformed tobacco cell culture that synthesizes secondary walls as determined by biochemical and morphological parameters. **Planta**, v. 212, p. 404-415. 2001.

BLOKHINA, O.; VIROLAINEN, E.; FAGERSTEDT, K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals Botany**, v. 9, p. 179-194. 2003.

BOERJAN, W.; RALPH, J.; BAUCHER, M. Lignin biosynthesis. **Annual Review Plants Biology**, London, v. 54, p. 519-546. 2003.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. **Annual Review of Biochemistry**, v. 72, p. 248–254. 1976.

BUCHANAN, B.B.; GRUÍSSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of plants**. Editado pelos autores, p: 853. 2000.

CAO, S.; HU, Z.; PANG, B. Optimization of postharvest ultrasonic treatment of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p.150-153. 2010.

CHEONG, J.J.; CHOI, Y.D. Methyl jasmonate as a vital substance in plants. **Trends in Genetics**, v. 19, p. 409 – 413. 2003.

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

DAR, R.A; TAHIR, I; AHMAD, S.S. Sugars and sugar alcohols have their say in the regulation of flower senescence in *Dianthus chinensis*. **Scientia Horticulturae**, v. 174, p. 24–28. 2014.

DE PASCALE, S.; VIGGIANI, S. Water relations and gas exchanges of cut *Godetia* flowers during vase life. **Advanced Horticultural Science**, v.12, p.153-157. 1998.

DIAS-TAGLIACOZZO, G.M; C ASTRO, C.E.F. Fisiologia da pós-colheita de espécies ornamentais. In: WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.I.N. (Org.). *Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita*. Curitiba: Champagnat, p.359-382. 2002.

DIAS-TAGLIACOZZO, G.M.; GONÇALVES, C.; CASTRO, C.E.F. Manutenção da qualidade pós-colheita de lírio. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 11, p. 29-34. 2005.

DING, C. K.; WANG, C. Y.; GROSS, K. C.; SMITH, D. L. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock proteins in tomato fruit by methyl jasmonate and methyl salicylate. **Plant Science**, v. 16, p.1153–1159. 2001.

DING, C.K.; WANG, C.Y.; GROSS, K.C.; SMITH, D.L. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. **Plant Science**, v. 214, p. 895–901. 2002.

FINGER, F.L.; MORAES, P.J.; BARBOSA, J.G.; GROSSI, J.A.S. Vase Life of Bird-of-Paradise Flowers Influenced by Pulsing and Term of Cold Storage. **Acta Horticulturae**, v. 628, p.863-867. 2003.

FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G. Postharvest physiology of cut flowers. In: NOUREDDINE, B.; SHIOMI, N. (eds.). *Advances in Postharvest Technologies for Horticultural Crops*. p. 373-393. 2006.

FUNG, R. W. M.; WANG, C. Y.; SMITH, D. L.; GROSS, K. C.; TIAN, M. MeSA and MeJA increase steadystate transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers. **Plant Science**, v. 166. p. 711-719. 2004.

GRASEMNEZHAD, M.; BABALAR, M.; MOSTOUFI, Y. Effect of methyl jasmonate and methyl salicylate in reducing chilling injury and decay in marsh grape fruit and thompson navel orange produced in North and south of Iran. **Iranian Journal of Agricultural Sciences**, v. 39, p. 1 – 7. 2008.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; FORTIZ, J.; CRUZ, R.; BUTA, J. G.; WANG, C. Y. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains post-harvest quality of mango fruit. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, p.515–519. 2000.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; TIZUADO-HERNÁNDOZ, M.E.; ZAVALLETA-GATICA, R.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 313, p. 694-701. 2004.

GONZALEZ-AGUILAR, G.; TIZNADO-HERNANDEZ, M.; WANG, C. Y. Physiological and biochemical responses of horticultural products to methyl jasmonate. **Stewart Postharvest**, v. 2, p.1-9. 2006.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; ZAVALLETA-GATICA, R.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E. Effect of methyl jasmonate on physiological response of guava

(*Psidium guajava*) stored at low temperatures. **Revista Chapingo**. Serie Horticultura, v.13, n. 1, p. 63 – 69. 2007.

HALEVY, A. H.; MAYAK, S. Senescence and postharvest physiology of cut flowers: part 1. **Horticultural Reviews**, New York, v.1, p. 79-80. 1976.

HASSAN, F. A. S. Influence of 8-Hydroxyquinoline sulphate and sucrose treatments on the post-harvest quality of cut flowers of *Strelitzia reginae* and *Hippeastrum vittatum*. **Acta Agronomica Hungarica**, London, v. 57, p.165-174. 2009.

HIRAGA, S.; SASAKI, K.; ITO, H.; OHASHI, Y.; MATSUI, H. A large family of class III plant peroxidases. **Plant Cell Physiology**, v. 42, p. 462-468. 2001.

ICHIMURA, K. et al. Effects of temperature, 8- hydroxyquinoline sulphate and sucrose on the vase life of cut rose flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 5, p.33-34. 2006.

JANDA, T.; SZALAI, G.; TARI, I.; PALDI, E. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. **Planta**, v. 208, p.175–180. 1999.

JAROENKIT, T.; PAULL, R.E. Reviews postharvest handling of heliconia, red ginger, and bird-of-paradise. **Hort Technology**, v. 13, p. 259-266. 2003.

JAROENKIT, T. et al. Nectar secretion, mucilage production and mold growth on bird-of paradise inflorescences. Amsterdam: **Postharvest Biology and Technology**, v.49, n. 3, p. 431-435. 2008.

JING-HUA, Y.; YUAN, G.; YAN-MAN, L.; XIAO-HUA, Q.; ZHANG, M.F. Salicylic acid-induced enhancement of cold tolerance through activation of antioxidative capacity in watermelon. **Scientia Horticulturae**, v. 118, p. 200-205. 2008.

KARSTEN, J. **Envolvimento da peroxidase e polifenoloxidase no bloqueio xilemático de hastes de ave-do-paráiso (*Strelitzia reginae*)**. 2009. 130f. Dissertação (Mestrado em fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa , Viçosa – MG.

KAYS, S.J. **Postharvest Physiology of Perishable Plant Products**. New York. 532p. 1991.

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. 2, p. 113 – 119. 2011.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Editora: Guanabara Koogan S.A. 452p. 2004.

KHADEMI, Z.; ERSHADI. A. Postharvest application of salicylic acid improves storability of peach (*Prunus perica* cv. Elberta) fruits. **International Journal of Agriculture and Crop Science**, v. 5, p.651-655. 2013.

KHOSHKHOI, S.N.M.; SAHARKHIZ, V.T.M.J. Effect of Salicylic Acid and Salinity in Thyme (*Thymus Vulgaris* L.): Investigation on Changes in Gas Exchange , Water Relations, and Membrane Stabiization and Biomass Accumulation. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, p. 2620-2626. 2009

KOMBRINK, E.; HAHLBROCK, K. Rapid, systemic repression of the synthesis of ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase small-subunit mRNA in fungus-infected or elicitor-treated potato leaves. **Planta**, v. 181, p.216-219. 1990.

KUBOTA, N. Phenolic content and Lphenylalanine ammonia-lypase activity in peach fruit. In: Modern methods of plant analysis – fruits analysis. New York: Springer-Verlag. p.81-94. 1995.

LAGRIMINI, L. M. Wound-induced deposition of polyphenols in transgenic plants overexpressing peroxidase. **Plant Physiology**, v. 96, p. 577-583. 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Sao Carlos: RIMA, 531p. 2006.

LIMA, A. L. S.; DAMATTA, F. M.; PINHEIRO, H.A.; TOTOLA, M.R.; LOUREIRO, M.E. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v.47, p.239-247. 2002.

LIU, W.; AI, X.Z.; LIANG, W.J.; WANG, H.T.; LIU, S.X.; ZHENG, N. Effects of salicylic acid on the leaf photosynthesis and antioxidant enzyme activities of cucumber seedlings under low temperature and light intensity. **Chinese Journal of Applied Ecology**, v. 20, p. 441-445. 2009.

LOUBAUD, M.; VAN DOORN, G. Wound-induced and bacteria-induced xylem blockage in roses, *Astible*, and *Viburnum*. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 281-288. 2004.

LUZ, P. B.; ALMEIDA, E. F. A; PAIVA, P. D. O.; RIBEIRO, T. R. Cultivo de flores tropicais. **Informe Agropecuário**, v. 26, p. 62-72. 2005.

MACNISH, A. J. et al. Improving the postharvest performance of bird-of-paradise flowers. **Acta Horticulturae**, Rockville, v. 3, p. 1763-1769. 2009.

MARQUES, A. E.; SILVA, F.; BARBOSA, J.B.; FINGER, F. L. Ação de inibidores de enzimas oxidativas e crescimento bacteriano sobre a longevidade das flores de ave-do-paráíso (*Strelitzia reginae* Aiton). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 17, p. 75-86. 2011.

MAROUSKY, F.J. Water relations, effects of floral preservatives on bud opening and keeping quality of cut flowers. **Horticultural Science**, v. 7, p.114– 116. 1972.

MEIR, S.; PHILISON-HADAS, S.; LURIE, S.; DROBY, S.; AKERMAN, M.; ZAUBERMAN, G. Reduction of chilling injury in stored avocado, grape fruit and bell pepper by methyl jasmonate. **Canadian Journal of Botany**, v. 74, p. 870–874. 1996.

MENG, X.; HAN, J.; WANG, Q.; TIAN, S. Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. **Food Chemistry**, v. 114, p.1028–1035. 2009.

MESSIAS, U.; GALVÃO, H.L.; FINGER, F.L.; OLIVEIRA, J.A. de; CORRÊA, P.C. Resposta pós-colheita do manjeriço à indução da injúria por frio. **Revista Brasileira de armazenamento**, v.31, p. 103-108, 2006.

MÉTRAUX, J.P. Recent breakthroughs in the study of salicylic acid biosynthesis. **Trends in Plant Science**, v.7, n. 8, p. 332 – 334. 2002.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science**, v. 9, p. 405-410. 2002.

MUELLER, M.J.; BRODSCHELM, W.; SPANNAGL, E.; ZENK, M.H. Signaling in the elicitation process is mediated through the octadecanoid pathway leading to jasmonic acid. USA: **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 90, p.7490–7494. 1993.

NEVES, L. L. M. **Envolvimento de enzimas oxidativas no escurecimento do quiabo *Abelmoschus esculentus* L. Moench**. 2003. 72 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plants**. Portland: Timber Press, 210 p. 1990.

OKEY, E. N.; DUNCAN, J. E.; SIRJU CHARRAN, G.; SREENIVASAN, T. N. Phytophthora canker resistance in cacao: role of peroxidase, polyphenoloxidase and phenylalanine ammonia-lyase. **Journal of Phytopathology**, v. 145, p. 295-299. 1997.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M.; NOGUEIRA, R. C.; SANTOS, B. R.; MARTINOTTO, C.; PAIVA, P. D. O.; MENEGUCCI, J. L. P. Aspectos fisiológicos da produção de flores e plantas ornamentais. **Informe Agropecuário**, v. 26, p.62-72. 2005.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L.M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA. p. 104. 2006.

PASSARDI, F.; COSIO, C.; PENEL, C.; DUNAND, C. Peroxidase have more functions than a Swiss army knife. **Plant Cell Reports**, v. 24, p. 255-265. 2005.

PASTORI, G.M.; TRIPPI, V.S. Oxidative stress induces high rate of glutathione reductase synthesis in a drought resistant maize strain. **Plant Cell Physiology**, v. 33, p. 957-996. 1992.

PENNYCOOKE, J. C.; COX, S.; STUSHNOFF, C. Relationship of cold acclimation, total phenolic content and antioxidant capacity with chilling tolerance in petunia (*Petunia x_hybrida*). **Environmental Experimental Botany**, v. 53, p. 225-232. 2005.

PIETRO, J.; MATTIUZ, B, H.; MATTIUZ, C, F, M.; RODRIGUES, T, J, D. Qualidade de rosas de corte tratadas com produtos naturais. **Ciência Rural**, n.10, v.42, p. 8. 2012.

PROMYOUA, S.; KETSAB, S.; VAN, G. W.; VAN DOORN, W.G. Salicylic acid alleviates chilling injury in anthurium (*Anthurium andraeanum* L.) flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 64, p.104-110. 2012.

RASKIN, I.; TURNER, I. M.; MELANDER, W. R. Regulation of heat production in the inflorescences of an Arum lily by endogenous salicylic acid. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 86, p. 2214-2218. 1989.

RETEC. Sistema brasileiro de respostas técnicas. **Rede de tecnologia da Bahia**. 2005. Disponível em: <<http://www.desenbahia.ba.gov.br>>. Acesso em: 01/07/2015.

RIVERO, R. M.; RUIZ, J.M.; GARCÍA, P.C.; LÓPEZ-LEFEBRE, L.R.; SÁNCHEZ, E.; ROMERO, L. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. **Plant Science**, v.160, p. 315-21. 2001.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ, V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª ed. Viçosa: SBCS, 359 p. 1991.

RIBEIRO, R. A. **Conservação pós-colheita e metabolismo de carboidratos em raízes de dois clones de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**. 2003. 81 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROHWER, C.L.; ERWIN, J.E. Horticultural applications of jasmonates: A review. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 83, p. 283 – 304. 2008.

SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. **Plant Physiology**. Wadsworth, Inc, California, p. 682. 1991.

SAYYARI, M.; BABALAR, M.; KALANTARI, S.; SERRANO, M.; VALERO, D. Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, p. 152–154. 2009.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Pesquisas reduzem desperdícios. In: Sebrae agronegócios. Brasília, DF, v.1, p.57. 2005.

SEMBDNER, G.; PARTHIER, B. The biochemistry and the physiological and molecular actions of jasmonates. **Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 44, p. 569-589. 1993.

SENARATNA, T.; TOUCHELL, D.; BUNN, E.; DIXON, K. Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. **Plant Growth Regulators**, v. 30, p. 157-161. 2000.

SEWAKE, K. T.; UCHIDA, J. Y. **Diseases of heliconia in Hawaii**. Honolulu: Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, 18 p. 1995.

SHARON, A.; ELAD, Y.; BARAKAT, A.; TUDZYNSKI, P. Phytohormones in Botrytis-plant interactions. In: ELAD, Y., WILLIAMSON, B., TUDZYNSKI, P., DELON, N. (eds.). Chapter 10. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London. p. 163–179. 2004.

SHEWFELT, R.L.; PURVIS, A.C. Toward a comprehensive model for lipid peroxidation in plant tissue disorders. **Hortscience**, v. 30, p.213–218. 1995.

SIBOZA, X. I.; BERTLING, I.; ODINDO, A. O. Salicylic acid and methyl jasmonate improve chilling tolerance in cold-stored lemon fruit (*Citrus limon*). **Journal of Plant Physiology**, v. 171, p.1722-1731. 2014.

SILVA, L.C.; COSTA, G.L.; SANTOS, D.S.; MACHADO, P.R.; PIRES, L.L. Efeito de diferentes ambientes de conservação e concentrações de solução de pulsing de sacarose na fase pós-colheita de áster branco (*Aster bellidifolius*). In: REUNIÃO DA ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 60, 2008, Campinas. Anais... Campinas: SBPC. SKOG, L.J. Chilling Injury of Horticultural Crops. Horticultural Research Institute of Ontario, University of Guelph Factsheet. 1998. Available at: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-021.htm#Figure%203>.

SOARES, A. M. S. Análise da resposta antioxidativa em plantas de *Ricinus communis* submetidas ao estresse por metil jasmonato. 2006. 93f. Tese (Mestrado em Biociências e Biotecnologia) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, RJ.

SOBRINHO, C.A.; FERREIRA, P.T.O.; CAVALCANTI, L.S. Indutores Abióticos. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Editores: Piracicaba, SP, FEALQ. 2005. p. 51 – 80.

STRINGUETA, A. C. O.; LÍRIO, V. S.; SILVA, C. A. B.; REIS, B. S.; AGUIAR, D. R. D. Diagnóstico do segmento de produção da cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 8, p. 77-90. 2002.

SOUZA, A.P.M. **Estudo do efeito de respostas de hipersensibilidade sobre a parede celular em cultura de células de amora-preta (*Rubus fruticosus*)**. 2007. 145f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP, Ribeirão Preto.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3^a ed. Porto Alegre: Artmed. 719 p. 2006.

TASGIN, E.; ATICI, O.; NALBANTOGLU, B.; POPOVA, L.P. Effects of salicylic acid and cold treatments on protein levels and on the activities of antioxidant enzymes in apoplast of winter wheat leaves. **Phytochemistry**, v. 67, p.710-715. 2006.

TIAN, S.; QIN, G., LI, B.; WANG, Q.; MENG, X. Effects of salicylic acid on disease resistance and postharvest decay control of fruits. **Stewart Postharvest Review**, v. 6, p. 1-7. 2007.

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

TRIPATHI, P.; DUBEY, N.K. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, n. 3, p. 235-245. 2004.

VAN DOORN, W. G. Water relations of cut flowers. **Horticultural Reviews**, v. 18, p.1- 85. 1997.

VAN DOORN, W.G. Effect of ethylene on flower abscission: a survey. **Annals of Botany**, v. 89, p. 689-693. 2002.

VAN MEETEREN, U. et al. Processes and xylem anatomical properties involved in rehydration dynamics of cut flowers. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 543, p. 207-211. 2001.

VAN MEETEREN, U. et al. Inhibition of water uptake after dry storage of cut flowers: Role of aspired and wound- induced processes in Crysanthemum. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 41, p. 70-77. 2006.

VIEIRA, M. R. S.; MEDEIROS, D. C.; COSTA, P. N.; SANTOS, C. M. G.; PAES, R. A.; FERNANDEZ L. M. S.; OLIVEIRA, N. G.; ALLAN, A.; SILVA, F. Effect of refrigeration on post-harvest flowers. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, p. 13065-13068. 2012.

VITOR, D M. **Enzimas oxidativas na expressão da injúria por frio em manjeriço (*ocimum basilicum L.*) cv. genovese em vaso na simulação do transporte.** 2014. 93f. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

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

WANG, L.; CHEN, S.; KONG, W.; LI, S.; ARCHBOLD, D.D. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 244–251. 2006.

WEI, Y. Z.; LIU, Y.; SU, D.; LUI X. YE. Effect of salicylic acid treatment on postharvest quality, antioxidant activities, and free polyamines of asparagus. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 126-132. 2011.

WISMER, W.V. Low temperature as a causative agent of oxidative stress in postharvest crops. In: HODGES, M. (Ed.). *Postharvest Oxidative Stress in Horticultural Crops*. Food Products Press, Binghamton:NY, p. 55-68. 2003.

WOOD, T. Ornamental zingiberacea. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 1, p. 12-13. 1995.

ZHANG, H.; MA, L.; WANG, L.; JIANG, S.; DONG, Y.; ZHENG, X. Biocontrol of Gray Mold Decay in Peach Fruit by Integration of Antagonistic Yeast with Salicylic Acid and Their Effects on Postharvest Quality Parameters. **Biological control**, v. 47, n. 83, p. 60 – 65. 2008.

CONCLUSÕES GERAIS

Conclui-se que o MJ e o AS melhoraram a qualidade da flor, à 5 °C, porém, somente o AS reduziu a incidência de injúria por frio, sendo 2 mM a melhor dose. À temperatura ambiente somente o AS melhorou a qualidade da flor.