



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TALITA DE OLIVEIRA FERREIRA

**METIL JASMONATO PARA O INCREMENTO NA COLORAÇÃO, COMPOSIÇÃO
FENÓLICA E MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DA UVA 'BRS MELODIA'**

AREIA

2024

TALITA DE OLIVEIRA FERREIRA

**METIL JASMONATO PARA O INCREMENTO NA COLORAÇÃO, COMPOSIÇÃO
FENÓLICA E MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DA UVA ‘BRS MELODIA’**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Orientador: Profa. Dra. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima

AREIA

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F383m Ferreira, Talita de Oliveira.

Metil jasmonato para o incremento na coloração,
composição fenólica e manutenção da qualidade da uva
'BRS Melodia' / Talita de Oliveira Ferreira. -
Areia:UFPB/CCA, 2024.

128 f. : il.

Orientação: Maria Auxiliadora Coelho de Lima.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Antocianinas. 3. Compostos
bioativos. 4. Reguladores vegetais. 5. Uvas tintas. 6.
Viticultura tropical. I. Lima, Maria Auxiliadora Coelho
de. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

TALITA DE OLIVEIRA FERREIRA

**METIL JASMONATO PARA O INCREMENTO NA COLORAÇÃO, COMPOSIÇÃO
FENÓLICA E MANUTENÇÃO DA QUALIDADE DA UVA ‘BRS MELODIA’**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Aprovado em: 27/05/2024.

Documento assinado digitalmente
 **MARIA AUXILIADORA COELHO DE LIMA**
Data: 16/11/2024 01:03:07-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Maria Auxiliadora Coelho de Lima, Dra.
Orientadora, Embrapa Semiárido/PPGA/CCA/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **SILVANDA DE MELO SILVA**
Data: 21/11/2024 15:40:26-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Silvanda de Melo Silva, PhD
Examinadora Interna - PPGA/CCA/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **REJANE MARIA NUNES MENDONÇA**
Data: 19/11/2024 15:18:25-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Rejane Maria Nunes Mendonça, Dra.
Examinadora Interna - PPGA/CCA/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **CAIO MARCIO GUIMARAES SANTOS**
Data: 16/11/2024 11:33:24-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Caio Márcio Guimarães Santos, Dr.
Examinador Externo – IF Sertão Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **MARCIO EDUARDO CANTO PEREIRA**
Data: 18/11/2024 07:42:20-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Márcio Eduardo Canto Pereira, Dr.
Examinador Externo – Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical

Data da realização: 27 de maio de 2024

Presidente da Comissão Examinadora
Dra. Maria Auxiliadora Coelho de Lima
Orientadora

TALITA DE OLIVEIRA FERREIRA – Nasceu em Juazeiro-BA, Brasil; Graduada em Tecnologia de Alimentos, em 2015, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF-SERTÃO), Campus Petrolina; Mestra em Produção Vegetal, em 2019, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus Petrolina e Doutora em Agronomia, em 2024, pela Universidade Federal da Paraíba, Campus II (Areia); Desenvolve pesquisa na área de Ciência e Tecnologia Pós-Colheita com ênfase no desenvolvimento de novas tecnologias, com o intuito de melhorar a qualidade dos frutos durante a pré-colheita, colheita e pós-colheita no Semiárido brasileiro.

Currículo lattes: <https://lattes.cnpq.br/9753516290323173>

Ofereço ao Digníssimo,
Onipotente e Soberano Deus.
A Ele toda honra, glória e louvor
para todo sempre.

Aos meus pais, José e Rozilene, pelo estímulo, amor e compreensão.

À minha prima Istefane, pelo incentivo, ajuda e compreensão.

A Josias, Mariana e Jessé, pelo incentivo e amor.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, dedico e agradeço pelas oportunidades que me concedeu e pelo vigor para seguir em frente.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Campus Areia, em especial à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.

À Embrapa Semiárido, pela infraestrutura cedida e pelo apoio financeiro para a execução dos experimentos.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Dra. Maria Auxiliadora Coêlho de Lima, pela oportunidade de aprendizado e, principalmente, pelo excelentíssimo exemplo de profissionalismo e dedicação à profissão.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, em especial a Joanderson, e aos demais colegas, Thaís Queiroga, Danielly Trindade, Joviniano Oliveira, Cristina Costa, Tassiane Souza e Bruna Parente, pela boa convivência, companheirismo e disposição em ajudar.

Aos senhores Saulo Rosa e Francisco Jubilino, proprietário e consultor da Fazenda Madre Terra, respectivamente, pela parceria e disponibilização de parte da área de produção para realização dos experimentos.

Aos familiares e demais amigos, que sempre torceram pelo meu sucesso. A meu irmão Josias, minha linda Mariana e Jessé, às primas Istefane, Islane, Kelen e Girleide e às amigas Adriana, Tatiane e Juliete. A minha amada avó, Josefa Oliveira, por todo cuidado e carinho. Um agradecimento especial aos meus pais, Rozilene e José Valdemir, por serem sempre um suporte em minha vida.

Enfim, agradeço a todos que fazem parte da minha vida, por acreditarem na minha pessoa, nas minhas ideias, nos meus sonhos. Sem vocês, nada disso seria possível.

Muito obrigada!

RESUMO

O Submédio do Vale do São Francisco destaca-se pela notória importância na produção e comercialização de uvas de mesa. Com o mercado em expansão, novas cultivares têm sido lançadas, dentre as quais a BRS Melodia, que possui, como diferenciais de qualidade, a coloração vermelha e o sabor característico de *tutti-frutti*. Entretanto, esta cultivar possui limitações associadas à coloração desuniforme nas bagas, sendo necessário um manejo específico. O uso de reguladores vegetais é uma das tecnologias para este fim. Entre esses, o metil jasmonato (MeJA) tem ganhado destaque por induzir aumento da expressão de genes de enzimas envolvidas na biossíntese das antocianinas. O objetivo geral desta pesquisa foi determinar a influência da aplicação pré-colheita do MeJA na estabilidade e incremento do teor das antocianinas, na composição fenólica e na manutenção da qualidade pós-colheita da uva 'BRS Melodia' cultivada no Submédio do Vale do São Francisco. A pesquisa contemplou dois ciclos de produção, correspondentes ao primeiro e segundo semestre de 2022. No ciclo1, foram realizadas três aplicações do MeJA a cada sete dias nas doses de 0, 10, 20, 30 e 40 mM, sendo a primeira no início da maturação (identificada pela mudança de cor da baga). No ciclo 2, as doses foram ajustadas para 0, 5, 10, 15 e 20 mM, em única aplicação no início da maturação. As uvas foram armazenadas e avaliadas aos 0, 14, 21, 28, 35, 36 e 37 dias quanto à qualidade e potencial de armazenamento. A composição fenólica foi determinada nas uvas mantidas por 0, 28 e 37 dias de armazenamento. O primeiro e segundo ciclo de produção foram analisados separadamente, em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial. Os dados que apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de variância, sendo os efeitos significativos analisados por regressão polinomial. A aplicação pré-colheita do MeJA na uva 'BRS Melodia' agregou características que valorizam a qualidade das uvas, como maior percentual do cacho com coloração rosada/vermelha, redução da perda de massa, manutenção da firmeza, aumento dos teores de sólidos solúveis, de antocianinas e de flavonoides amarelos, bem como maior atividade antioxidante, particularmente quando determinada pelo método de captura do radical ABTS. O MeJA favoreceu o acúmulo de ácido caftárico, estilbenos, flavonóis, flavan-3-óis, proantocianidinas e antocianinas. No primeiro ciclo de produção, os incrementos foram efetivos, por ocasião da colheita, para o teor de ácido caftárico nas uvas sob o tratamento 40 mM e 10, 20 e 30 mM para flavan-3-óis, proantocianidinas e antocianinas. Porém, a dose 40 mM revelou-se vantajosa por manter teores elevados de antocianinas com o prolongamento do armazenamento. No segundo ciclo de produção, o tratamento 20 mM respondeu por maior acúmulo e estabilidade das antocianinas e flavan-3-óis durante o armazenamento. Em ambos os ciclos avaliados, a aplicação do MeJA na uva 'BRS Melodia' agregou melhorias à qualidade das bagas que foram mantidas durante o armazenamento, com destaque para a coloração predominante e acúmulo dos compostos fenólicos bioativos, agregando valor às uvas produzidas na região.

Palavras-chave: antocianinas; compostos bioativos; pós-colheita; reguladores vegetais; uvas tintas; viticultura tropical.

ABSTRACT

The Sub-middle Region of the São Francisco Valley is renowned for its significant role in the production and commercialization of table grapes. In this expanding market, new cultivars have been introduced, including BRS Melodia, which is distinguished by its red coloration and characteristic tutti-frutti flavor. However, this cultivar faces challenges due to uneven berry coloration, requiring specific management practices. Among the technologies employed to address this issue is the use of plant growth regulators. Notably, methyl jasmonate (MeJA) has attracted attention for its ability to enhance the expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis. The primary objective of this study was to evaluate the impact of pre-harvest application of MeJA on improving the stability and anthocyanin content, enhancing phenolic composition, and maintaining the post-harvest quality of 'BRS Melodia' grapes cultivated in the Sub-middle Region of the São Francisco Valley. The research encompassed two production cycles, corresponding to the first and second semesters of 2022. In cycle 1, three applications of MeJA were made every seven days at doses of 0, 10, 20, 30, and 40 mM, with the first application occurring at the onset of maturation (identified by the color change of the berry). In cycle 2, the doses were adjusted to 0, 5, 10, 15, and 20 mM, applied once at the beginning of maturation. The grapes were stored and evaluated at 0, 14, 21, 28, 35, 36, and 37 days for quality and storage potential. The phenolic composition was determined in grapes stored for 0, 28, and 37 days. The first and second production cycles were analyzed separately, using a completely randomized experimental factorial scheme. The data that exhibited a normal distribution were subjected to analysis of variance, with significant effects analyzed through polynomial regression. Pre-harvest application of MeJA in 'BRS Melodia' grapes added characteristics that improved the fruit quality, as higher percentage of pink/red coloration on the bunches, lower weight loss, maintenance of berry firmness, increase on soluble solids, anthocyanins and yellow flavonoids contents, as well as higher antioxidant activity, particularly when it was determined by the ABTS free radical capture method. MeJA favored caftaric acid, stilbens, flavonols, falvan-3-ols, proanthocyanidins and anthocyanins. In the first production cycle, increases were effective on harvest time for caftaric acid content in grapes under 40 mM and 10, 20 and 30 mM treatments for the group of flavan-3-ols, proanthocyanidins and anthocyanins. However, the 40 mM dose showed as an advantage for maintaining higher anthocyanins content throughout extending the storage. In the second production cycle, the treatment 20 mM resulted in a higher accumulation and stability of anthocyanins and flavan-3-ols during the storage. In both evaluated cycles, the application of MeJA on the 'BRS Melodia' grape enhanced the quality of the berries, which was maintained during storage, particularly highlighting the predominant coloration and accumulation of bioactive phenolic compounds, adding value to the grapes produced in the region.

Keywords: anthocyanins; bioactive compounds; postharvest; plant regulators; hybrid grapes; tropical viticulture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

		Pag.
Figura 1-	Cachos de uva da cultivar BRS Melodia no ciclo de produção do primeiro semestre de 2022. Em A, estão representadas uvas sem tratamento e, em B, tratadas com 40 mM de MeJA, aos 96 dias após a poda.....	24
Figura 2-	Rota da biossíntese dos compostos flavonoides. Enzimas: Fenilalanina amônia-liase (<i>PAL</i>), cinamato-4-hidroxilase (<i>C4H</i>), 4-cumaroil-CoA-ligase (<i>4CL</i>), chalcona sintase (<i>CHS</i>), chalcona isomerase (<i>CHI</i>), flavonona 3-hidroxilase (<i>F3H</i>), flavonoide 3'-hidroxilase (<i>F3'H</i>), flavonoide F3'5'-hidroxilase (<i>F3'5'H</i>), diidroflavonol 4-redutase (<i>DFR</i>), flavonol sintase (<i>FLS</i>), leucoantocianidina redutase (<i>LAR</i>), antocianina redutase (<i>ANR</i>), leucoantocianidina dioxigenase (<i>LDOX</i>), flavonoide-3-O-glicosil transferase (<i>UGT</i>).....	26
Capítulo I - Metil jasmonato no incremento da coloração e qualidade pós-colheita de cachos da uva 'BRS Melodia'		
Figura 1 -	Perda de massa (A e B) e desgrane (C e D) de uvas 'BRS Melodia' sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em C e D, os dados foram representados por suas médias e desvios-padrões. * e **Significância estatística a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente, pelo teste t.....	59
Figura 2 -	Firmeza da baga de uvas 'BRS Melodia' sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados que não apresentaram distribuição normal ou não tiveram equação polinomial com coeficiente de determinação mínimo de 0,70 foram representados por suas médias e desvios-padrões. * e **Significância estatística a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste t.....	60
Figura 3 -	Turgidez do engaço (A e B) e ocorrência de sinais de murcha da baga (C e D) em uvas 'BRS Melodia' sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A e C, estão representados os valores observados no	62

primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados das variáveis não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões.....

- Figura 4 - Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha em uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões..... 63
- Figura 5 - Cachos de uvas da cultivar BRS Melodia submetidos à aplicação de 0 (controle – A), 10 (B), 20 (C), 30 (D) e 40 mM (E) de metil jasmonato, colhidos no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022) e armazenados a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias..... 64
- Figura 6 - Cachos de uvas da cultivar BRS Melodia submetidos à aplicação de 0 (controle - A), 5 (B), 10 (C), 15 (D) e 20 mM (E) de metil jasmonato, colhidos no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022) e armazenados a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias..... 65
- Figura 7 - Coloração predominante no cacho (A e B) e distribuição da coloração na baga (C e D) em uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões..... 66
- Figura 8 - Luminosidade da casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, 67

- estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões.....
- Figura 9 - Atributo de cor a* da casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de: 68
 A. doses de metil jasmonato (MeJA) e do tempo de armazenamento, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), nas uvas armazenadas a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias; B. tempo de armazenamento a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022); e C. doses de MeJA, a 0, 5, 10, 15 e 20 mM, nas uvas armazenadas no segundo ciclo de produção. Em A, os dados não apresentaram distribuição normal e foram representados por suas médias e desvios-padrões. Em B, não houve equação polinomial com coeficiente de determinação significativo que explicasse, pelo menos, 70% dos dados. *Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$. ns= não significativo.....
- Figura 10- Atributo de cor b* da casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência 70
 de; A. doses de metil jasmonato (MeJA) e do tempo de armazenamento, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), nas uvas armazenadas a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias; B. tempo de armazenamento a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022); e C. doses de MeJA, a 0, 5, 10, 15 e 20 mM, nas uvas armazenadas no segundo ciclo de produção. Em A, os dados não apresentaram distribuição normal e foram representados por suas médias e desvios-padrões. Em B, não houve equação polinomial com coeficiente de determinação significativo que explicasse, pelo menos, 70% dos dados. *Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$
- Figura 11- Índice de cor para uvas vermelhas - Color Index for Red Grapes 71
 (CIRG) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de: A. doses de metil jasmonato (MeJA) e do tempo de armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022); ou B. doses de MeJA de 0, 5, 10, 15 e 20 mM, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022). *Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$
- Figura 12- Teor de sólidos solúveis (SS) em uvas ‘BRS Melodia’ sob influência 72
 de doses de metil jasmonato (MeJA), no primeiro ciclo de produção, de 14 de abril a 20 de julho de 2022, (A) e segundo ciclo de produção, de 16 de setembro a 21 de dezembro de 2022 (B). *Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$
- Figura 13- Acidez titulável de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de: A. doses 73
 de metil jasmonato (MeJA) e do tempo de armazenamento, no

- primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), nas uvas armazenadas a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias; B. tempo de armazenamento a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022); e C. doses de MeJA, a 0, 5, 10, 15 e 20 mM, nas uvas armazenadas no segundo ciclo de produção. Em A, os dados não apresentaram distribuição normal e foram representados por suas médias e desvios-padrões. *Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$
- Figura 14- Teores de antocianinas (A e B) e de flavonoides amarelos (C e D) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente..... 74
- Figura 15- Teores de polifenóis extraíveis totais (PET) da casca (A e B) e da baga (casca + polpa – C e D) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente..... 76
- Figura 16- Atividade antioxidante total determinada na casca (A e C) e na baga (casca + polpa, B e D) por meio do método de captura do radical livre ABTS⁺ de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e B, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em C e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente..... 78
- Figura 17- Atividade antioxidante total determinada na casca (A e C) e na baga (casca + polpa, B e D) por meio do método de captura do radical livre DPPH[•] de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil 79

jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e B, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Em C e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. * e ** Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.....

Capítulo II - Metil jasmonato influencia a composição fenólica da uva ‘BRS Melodia’ em cultivo irrigado no semiárido brasileiro

- Figura 1 - Teores de ácido caftárico de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Em B, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Em A, os dados da variável foram analisados após transformados em $\log x$. Em B, os dados da variável não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. *Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ 104
- Figura 2 - Teores de *trans*-resveratrol (A), de *cis*-resveratrol (B e C) e de piceatanol (D e E) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, B e D, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Em C e E, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Em A, B e C, os dados das variáveis não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. Em D, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$ 105
- Figura 3 - Teores de kaempferol-3-*O*-glicosídeo (A e B) e de isoquercetina (C e D) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, 107

- durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em D, os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$
- Figura 4 - Teores de isorhamnetina (A e B), rutina (C e D) e de miricetina (E) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e E, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. Em D, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$ 108
- Figura 5 - Teores de (+)-catequina (A e B), (-)-epicatequina (C e D) e (-)-epicatequina galato (E e F) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, C e E, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e F, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em A e E, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . Em B, os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente..... 110
- Figura 6 - Teores de (-)-epigallocatequina galato de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente..... 111
- Figura 7 - Teores de procianidina A2 (A), procianidina B1 (B) e procianidina B2 (C e D) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. Em D, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$ 112

- dias. Em B, os dados da variável não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$
- Figura 8 - Teores de calistefina (A e B), cianina (C e D) e curomanina (E e F) na casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, C e E, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e F, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em A e F, os dados da variável não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. Em C e E, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$ 114
- Figura 9 - Teores de mirtilina (A e B), petunidina (C e D) e oenina (E) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e E, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em A, C e E, os dados das variáveis não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$ 115

LISTA DE TABELAS

	Pág
Capítulo I - Metil jasmonato no incremento da coloração e qualidade pós-colheita de cachos da uva ‘BRS Melodia’	
Tabela 1 - Dados meteorológicos médios semanais, referentes aos dois ciclos produtivos (primeiro e segundo semestre) do ano de 2022, desde a aplicação do metil jasmonato até a colheita da videira ‘BRS Melodia’.....	51
Tabela 2 - Escalas de notas adotadas para avaliação de atributos de qualidade relativos à aparência das bagas e dos cachos.....	53
Tabela 3 - Mudanças na coloração das bagas e do conjunto do cacho de uva ‘BRS Melodia’ em fases da maturação, avaliadas por escala de notas, sob influência da aplicação de MeJA, durante o ciclo de produção do primeiro semestre (14 de abril a 20 de julho) de 2022.....	57
Tabela 4 - Mudanças na coloração das bagas e do conjunto do cacho de uva ‘BRS Melodia’ em fases da maturação, avaliadas por escala de notas, sob influência da aplicação de MeJA, durante o ciclo de produção do segundo semestre (16 de setembro a 21 de dezembro) de 2022.....	58
Capítulo II - Metil jasmonato influencia a composição fenólica da uva ‘BRS Melodia’ em cultivo irrigado no semiárido brasileiro	
Tabela 1 - Dados meteorológicos médios semanais, referentes ao período de início de maturação, ocasião da aplicação do metil jasmonato, até a colheita da videira ‘BRS Melodia’, nos ciclos produtivos do primeiro e segundo semestre do ano de 2022.....	98
Tabela 2 - Valores médios dos principais indicadores de maturidade da uva ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato, durante o armazenamento, em dois ciclos sucessivos de produção.....	100

SUMÁRIO

		Pág
1	INTRODUÇÃO GERAL	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	PRODUÇÃO E MERCADO DE UVA DE MESA NO MUNDO.....	21
2.2	VITICULTURA NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO.....	21
2.3	CULTIVAR BRS MELODIA.....	23
2.4	PIGMENTOS DA UVA.....	24
2.5	REGULADORES VEGETAIS PARA INDUÇÃO DE ANTOCIANINAS.....	27
2.5.1	Metil jasmonato como indutor de antocianinas na uva	29
2.5.2	Efeito do MeJA na qualidade das uvas	30
2.5.2.1	<i>Alterações diretamente relacionadas à turgidez</i>	31
2.5.2.2	<i>Ácidos orgânicos e sólidos solúveis</i>	33
2.5.2.3	<i>Cor</i>	34
2.5.2.4	<i>Compostos flavonoides nas uvas de cor</i>	35
2.5.2.5	<i>Compostos não flavonoides nas uvas de cor</i>	36
2.5.2.6	<i>Atividade antioxidante</i>	38
	REFERÊNCIAS	40
	Capítulo I - Metil jasmonato no incremento da coloração e qualidade pós-colheita de cachos da uva ‘BRS Melodia’	
	RESUMO.....	48
	ABSTRACT.....	48
3.1	INTRODUÇÃO.....	49
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3.2.1	Caracterização dos experimentos	50
3.2.2	Variáveis analisadas	53
3.2.2.1	<i>Atributos de coloração visual durante o período pré-colheita</i>	53
3.2.2.2	<i>Atributos de aparência durante o armazenamento</i>	54
3.2.2.3	<i>Atributos físico-químicos durante o armazenamento</i>	54
3.2.2.4	<i>Compostos bioativos e atividade antioxidante</i>	54
3.2.3	Desenho Experimental e Análises estatísticas	55
3.3	RESULTADOS.....	56
3.4	DISCUSSÃO.....	80
3.5	CONCLUSÕES.....	88
	REFERÊNCIAS	89
	Capítulo II - Metil jasmonato influencia a composição fenólica da uva ‘BRS Melodia’ em cultivo irrigado no semiárido brasileiro	
	RESUMO.....	94
	ABSTRACT.....	94
4.1	INTRODUÇÃO.....	95
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	96
4.2.1	Tratamentos e Delineamento experimental	96
4.2.2	Caracterização da maturidade das uvas	99
4.2.3	Caracterização do perfil fenólico por HPLC-DAD-FD	101
4.2.4	Análise estatística	102
4.3	RESULTADOS.....	102
4.4	DISCUSSÃO.....	116
4.5	CONCLUSÃO.....	123
	REFERÊNCIAS	124
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	128

1 INTRODUÇÃO GERAL

As uvas são cultivadas e consumidas em todo o mundo, observando-se aumentos na produção global a cada ano. A produção é destinada, principalmente, para a elaboração de vinhos, sucos e para consumo fresco (OIV, 2022).

As uvas de mesa (*Vitis vinifera* L., *Vitis labrusca* L. e híbridas) são apreciadas devido principalmente ao sabor doce, textura firme, coloração atrativa, teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante (JIANG et al., 2019; GAO et al., 2019). A tendência mundial de preferência por uvas sem sementes iniciou nas duas últimas décadas do século passado e tem exigido dos produtores uma atenção especial às tendências de mercado e esforços para atender um consumidor que também deseja adquirir um produto que lhe traga benefícios à saúde, por meio de compostos bioativos.

As uvas vermelhas são ricas em compostos bioativos que conferem propriedades benéficas ao corpo humano, como propriedades antioxidantes e anti-inflamatória, além de contribuir para a qualidade e sabor das frutas (JU et al., 2022; GARDE-CERDAN et al., 2023). Costa et al. (2020), relataram que os compostos bioativos, presentes nessas uvas, são derivados da rota do ácido chiquímico e são classificados em dois grupos: os flavonoides (antocianinas, flavan-3-óis, flavonóis e proantocianidinas) e não flavonoides (ácidos fenólicos e estilbenos).

Vários benefícios à saúde são associados ao consumo de alimentos que contêm esses compostos, pois os mesmos possuem ação anti-inflamatória, combatem alguns tipos de câncer, obesidade e demência, bem como têm ação cardioprotetora e antidiabética (MINICH, 2019).

No Brasil, a região do Submédio do Vale do São Francisco se destaca na produção de uvas de mesa em clima tropical semiárido (LIMA, 2023). Esta região possui características edafoclimáticas distintas das regiões produtoras tradicionais, que, associadas a técnicas adequadas de manejo, permitem a colheita de duas safras por ano, com altos índices de produtividade (IBGE, 2022; BRASIL, 2022). Os resultados de alta produtividade têm sido possíveis devido ao desenvolvimento de tecnologias apropriadas à região, ao empreendedorismo do setor produtivo e, mais recentemente, ao desenvolvimento de novas cultivares de uvas de mesas adaptadas a essas condições.

Dentre as novas cultivares, tem-se a BRS Melodia, que foi lançada em 2019 pelo programa de melhoramento genético da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Segundo Ritschel et al. (2021), a ‘BRS Melodia’ é uma uva de coloração rosada a

vermelha, não desenvolve manchas, com textura firme, formato elíptico, sem sementes e sabor doce diferenciado de *tutti-frutti*.

Sob condições de clima quente, a 'BRS Melodia' apresenta desuniformidade de pigmentação nas bagas. Na inexistência de um manejo individualizado para a uniformização, a coloração corresponde a diferentes tons, reduzindo a qualidade do fruto e não sendo atrativa para o consumidor. Ju et al. (2022), relataram que algumas alternativas podem ser utilizadas para a indução ou estímulo à coloração, como o uso dos reguladores vegetais, que promovem a síntese dos pigmentos e sua uniformidade nas uvas. Alguns reguladores vegetais têm sido utilizados comercialmente para a indução da coloração vermelha na uva, em especial o etefom (indutor de etileno) e o ácido abscísico. Ambos promovem o acúmulo de antocianinas. Wang et al. (2023), relataram que doses elevadas descaracterizam a coloração, tornando-a mais intensa que o desejado, e antecipam a senescência, diminuindo a vida útil da uva e causando desgrane.

O jasmonato e seu derivado volátil o metil jasmonato (MeJA) atuam na regulação de diversos processos fisiológicos nas plantas, a exemplo de respostas de defesa, principalmente no acúmulo de compostos bioativos e síntese das antocianinas (HO; MURTHY e PARK, 2020). O MeJA induz a atividade das principais enzimas envolvidas no acúmulo das antocianinas (LI et al., 2020), como a fenilalanina amônia liase (*PAL*), chalcona isomerase (*CHI*), chalcona sintase (*CHS*), leucoantocianidina dioxigenase (*LDOX*), flavonoide 3-*O*-glicosil transferase (*UFGT*) (WANG et al., 2023), flavonona 3-hidroxilase (*F3H*), flavonoide 3'-hidroxilase (*F3'H*), flavonoide 3',5'-hidroxilase (*F3'5'H*) e diidroflavonol 4-redutase (*DFR*) (AN et al., 2021; MA et al., 2019).

Alguns trabalhos têm sido realizados com a aplicação de MeJA em uvas, concentrando-se nas cultivares para vinho (YUZUAK et al., 2020; JU et al., 2022; WANG et al., 2022a; WANG et al., 2023). Em uvas 'Cabernet Sauvignon', Ju et al. (2022) demonstraram que a aplicação do MeJA durante o período pré-colheita promoveu acúmulo dos compostos fenólicos, especialmente alguns tipos de antocianinas, como a delphinidina, malvidina, peonidina e petunidina. Os autores relacionaram o acúmulo das antocianinas ao aumento da atividade das principais enzimas envolvidas na biossíntese desses pigmentos, como *PAL*, *CHS*, *CHI*, *DFR*, *UFGT*, *LDOX*, *F3'H* e *F3'5'H*.

A 'BRS Melodia' é responsiva a tratamentos com reguladores vegetais para a indução da coloração (MAIA et al., 2019; RITSCHHEL et al., 2021). No entanto, esses resultados podem variar de acordo com a dose do produto, época de aplicação e condições ambientais. Como a

BRS Melodia é uma nova cultivar, não há informações disponíveis sobre o efeito da aplicação do MeJA e a viabilidade para recomendação.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar a influência da aplicação pré-colheita do MeJA na estabilidade e síntese das antocianinas, na composição fenólica e na manutenção da qualidade pós-colheita da uva 'BRS Melodia' cultivada no Submédio do Vale do São Francisco.

Como objetivos específicos, tem-se:

- 1) Avaliar, em campo, a evolução da uniformidade e intensidade da coloração predominante após a aplicação do MeJA nos cachos da uva 'BRS Melodia';
- 2) Definir as doses de aplicação exógena pré-colheita do MeJA que promovem maior acúmulo de antocianinas, bem como estabilidade e uniformidade da coloração, na uva 'BRS Melodia' produzida em cultivo irrigado, nas condições tropicais do Submédio do Vale do São Francisco;
- 3) Caracterizar a influência da aplicação do MeJA sobre a manutenção da qualidade da uva 'BRS Melodia' durante o período de armazenamento; e
- 4) Caracterizar o perfil fenólico e determinar os teores destes compostos na casca de uvas 'BRS Melodia' tratadas na pré-colheita com MeJA.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO E MERCADO DE UVAS DE MESA NO MUNDO

A videira é uma das plantas mais cultivadas em todo o mundo. Seus frutos são caracterizadas por possuir sabor agradável, textura firme e alto teor de compostos fenólicos (GAO et al., 2019).

Segundo OIV (2023), a produção global de uva de mesa tem aumentado a cada ano, sendo que em 2022 foi estimada em 33,5 milhões de toneladas, representando um aumento de 3,2% em relação a 2021. Desde os anos 2000, a produção mundial de uva de mesa duplicou, registrando uma taxa média de crescimento anual de 3,2%. Os cinco principais países produtores são China (12,6 milhões de toneladas), Índia (2,8 milhões de toneladas), Turquia (2,2 milhões de toneladas), Egito (1,4 milhões de toneladas) e Irã (1,3 milhões de toneladas). O Brasil ocupa a 8ª posição, com produção de 0,8 milhão de toneladas. No ano de 2022, 93 países produziram uvas frescas e os dez maiores produtores responderam por 70% da produção mundial. Estima-se que o valor comercial das uvas em 2022 foi de € 9,4 milhões. O consumo global de uva de mesa, em 2022, foi estimado em 32,6 milhões de toneladas. Os três principais países consumidores são China (12,4 milhões de toneladas), Turquia (3,0 milhões de toneladas) e Índia (2,8 milhões de toneladas). O Brasil ocupa a 8ª posição em consumo com 0,7 milhão de toneladas.

Lima (2023) relata que a produção de uva de mesa no Brasil tem ganhado destaque. Em 2022, a área plantada foi de 29,6 mil hectares (ha). As três regiões que concentram a produção nacional são: Nordeste, com 11,9 mil ha; Sudeste, com 9,9 mil ha; e Sul, com 7,4 mil ha. Os estados de Pernambuco (9,2 mil ha), São Paulo (8,5 mil ha), Santa Catarina (3,9 mil ha), Paraná (3,5 mil ha), Bahia (2,46 mil ha) e Minas Gerais (1,3 mil ha) concentram a maior parte da área de uva de mesa no país. Em termos de volumes, em 2022, o Brasil colheu cerca de 715,8 mil toneladas.

2.2 VITICULTURA NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

Lima (2023), relata que o Submédio do Vale do São Francisco, que tem os municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA como os principais centros, é a maior região produtora de uva de mesa do país, tendo tido a área ampliada em 30,58%, desde 8,5 mil ha, em 2013, para 11,1 mil

ha, em 2022. Brasil (2022), relatam que o desempenho foi possível por meio dos investimentos em projetos de irrigação e pesquisa, sendo a única região do mundo a possuir flexibilidade de oferta de uvas de mesa ao longo do ano, com possibilidade de duas safras e meia. Os principais destinos da uva de mesa exportada dessa região são os Estados Unidos (44,46%), a Holanda (24,79%), o Reino Unido (16,53%) e a Espanha (5,61%).

Segundo os dados de IBGE (2022) e BRASIL (2022), a produção de uva de mesa na região gerou cerca de R\$ 2 bilhões em valor de produção, no ano de 2022, o equivalente a cerca de 60,6% em relação ao valor nacional, que foi de R\$ 3,3 bilhões. Três cidades que compõem o Submédio do Vale do São Francisco estão entre as maiores produtoras nacionais: Petrolina/PE (6,45 mil ha), Lagoa Grande/PE (1,85 mil ha) e Juazeiro/BA (1,64 mil ha). A produção de uva de mesa nessa região responde por cerca de 95% de todo o volume exportado dessa fruta pelo Brasil. Em 2002, os volumes atingiram 396,7 mil toneladas, valor que representa 55,42% do nacionalmente produzido. Os resultados foram recordes, com o setor aproveitando bem as oportunidades de venda ao exterior no primeiro semestre, numa colheita marcada pela qualidade e pela produtividade.

Segundo Leão et al. (2019), a região do Submédio do Vale do São Francisco está localizada em uma área de clima tropical semiárido, situada na região Nordeste do Brasil (latitude 8° Sul, longitude 40° Oeste e altitude de 350 m). É a região produtora de uva mais próxima da linha do Equador no mundo, possuindo temperatura média anual de 26 °C, insolação de 3.000 h ano⁻¹ e precipitação máxima de 500 mm³ ano⁻¹. Devido à ausência de baixas temperaturas durante as estações de outono e inverno e à disponibilidade de água para irrigação, associada ao uso de várias tecnologias, a produção pode ser realizada durante todo o ano, com duas colheitas anuais no mesmo vinhedo.

Destaca-se também a importância social dessa cadeia produtiva, pois gera pelo menos cinco empregos diretos por hectare e alcança alta rentabilidade em pequenas áreas (BARBOSA, 2019). Essas características permitem que o cultivo da uva seja atrativo e lucrativo, ainda que requeira intensiva realização de tratamentos culturais.

Nos últimos anos, ocorreram muitas mudanças na cadeia produtiva de uva de mesa em todo o país, com muitas cultivares sendo lançadas tanto por programas de melhoramento genético públicos, como privado. O resultado foi um aumento da oferta de cultivares, principalmente as sem sementes e que tenham adaptação a diferentes condições climáticas em todo o país, especialmente o Semiárido.

O programa de melhoramento genético da Embrapa, chamado de ‘Uvas do Brasil’, lançou nos últimos anos algumas cultivares para mesa que são produzidas no Submédio do Vale do São Francisco. Dentre as quais temos as variedades BRS Linda, BRS Clara, BRS Vitória, BRS Isis e, mais recentemente, BRS Melodia (MAIA et al., 2019) e BRS Tainá (LEÃO et al., 2021). BRS Vitória, BRS Ísis e BRS Melodia, particularmente a primeira, têm boa aceitação pelos produtores, com desempenho que permitiu incluí-las no rol das exportadas.

2.3 CULTIVAR BRS MELODIA

Segundo Maia et al. (2019), a cultivar de uva de mesa híbrida BRS Melodia foi lançada em 2019, pelo programa de melhoramento genético da Embrapa. É resultante do cruzamento entre ‘CNPUV 681-29’ [‘Arkansas 1976’ X ‘CNPUV 147-3’ (‘Niágara Branca’ X ‘Vênus’)] X ‘BRS Linda’. Este é o mesmo cruzamento que gerou as cultivares BRS Ísis e BRS Vitória. Entretanto, apesar de serem resultantes dos mesmos cruzamentos, possuem características muito distintas.

As características de qualidade da uva ‘BRS Melodia’ que se destacam em relação às outras cultivares existentes no mercado são sua coloração vermelha (Figura 1), sabor mix de frutas vermelhas (*tutti-frutti*) e textura firme (MAIA et al., 2019). A coloração merece destaque especial, pois em condições em que não há um manejo específico para a uniformização da cor, são observados diferentes tons nas bagas e no conjunto do cacho, comprometendo a qualidade visual da uva. Ritschel et al. (2021), avaliando o manejo para melhoria da coloração na cultivar BRS Melodia na região do Submédio do Vale do São Francisco, relataram que a aplicação dos reguladores vegetais etefon (indutor de etileno) e protone (s-ácido abscísico - s-ABA) nas bagas dos cachos promoveu coloração uniforme.



Figura 1 - Cachos de uva da cultivar BRS Melodia no ciclo de produção do primeiro semestre de 2022. Em A, estão representadas uvas sem tratamento e, em B, tratadas com 40 mM de MeJA, aos 96 dias após a poda. Fonte: Próprio autor.

Wang et al. (2023) relatam que um manejo específico com reguladores vegetais, que promova a uniformidade da coloração das bagas e aumente sua vida útil, é imprescindível para essa cultivar, pois contribuirá para o aumento da inserção e aceitação da fruta no mercado. Devem ser definidas as melhores doses, pois, se elevadas, deixam as bagas muito escuras, induzem a desidratação do engaço e promovem desgrane, comprometendo o potencial de conservação pós-colheita.

2.4 PIGMENTOS DA UVA

Wang et al. (2023), relatam que os atributos de qualidade como aparência, incluindo formato, firmeza, sabor e coloração, afetam diretamente a escolha do consumidor de uvas de mesa. Dentre esses atributos, a coloração é uma das características mais importantes. Por isso, melhorar esse atributo é primordial para agradar ao consumidor e agregar valor ao produto.

Saigo et al. (2020) relataram que as antocianinas são os compostos cromogênicos das uvas tintas maduras. São derivadas na classe dos flavonoides responsáveis pelos tons vermelho, roxo e azul. Tratam-se de pigmentos hidrossolúveis cuja síntese inicia-se com a maturação das uvas. O teor de antocianinas nas bagas no momento da colheita é um dos atributos importantes para caracterizar a qualidade da uva, especialmente para aquelas que se destinam ao consumo

fresco e são vermelhas. A coloração das bagas desempenha um papel importante na determinação de sua aceitação de compra pelo consumidor.

Wang et al. (2023), relataram que a síntese das antocianinas é regulada por diversos fatores: genéticos; ambientais, como radiação e temperatura; níveis nutricionais; oxigênio; e pH. A maior estabilidade das antocianinas é observada em pH ácido, baixas temperaturas (20° a 25°C), baixa concentração de oxigênio, baixa incidência de luz e baixa atividade de água. Portanto, sob estas condições, a coloração da casca dos frutos é preservada.

A radiação solar é o fator que tem maior impacto na síntese das antocianinas, que é favorecida pelo aumento da exposição das bagas à luminosidade. Nas condições regionais do Submédio do Vale do São Francisco, onde a temperatura e intensidade luminosa são elevadas, há, até certo ponto, estímulo ao maior acúmulo das antocianinas nas bagas (FERREIRA et al., 2019). Entretanto, sob condições ou períodos em que as temperaturas diurnas e noturnas, juntamente com a intensidade luminosa, estão altas, a tendência é de inibição/limitação da síntese das antocianinas, impedindo o desenvolvimento dos pigmentos durante a maturação (GARCÍA-PASTOR et al., 2019). Conseqüentemente, a coloração dos cachos será heterogênea, afetando negativamente o valor comercial dessas uvas (FERREIRA et al., 2019).

Wang et al. (2021b), relataram que as antocianinas estão principalmente localizadas na casca (nos vacúolos celulares), podendo ser encontradas na polpa de algumas poucas cultivares. São moléculas compostas de antocianidinas derivadas de flavonoides e conjugadas com moléculas de açúcares. As principais antocianinas nas plantas são: cianidina, delphinidina, pelargonidina, peonidina, malvidina e petunidina.

A biossíntese dos compostos fenólicos que culmina com a síntese das antocianinas pode ocorrer por duas vias: a dos fenilpropanoides e a do ácido malônico, sendo esta menos significativa. A via dos fenilpropanoides, na rota do ácido chiquímico, é catalisada por uma sucessão de enzimas (Figura 2).

A biossíntese pela rota do ácido chiquímico inicia-se com a conversão do aminoácido fenilalanina a ácido *trans*-cinâmico, pela fenilalanina amônia-liase (*PAL*), e depois em ácido *p*-cumárico, pela ação da enzima cinamato-4-hidroxilase (*C4H*) (LI et al., 2020). O composto sintetizado em seguida é o 4-cumaroil-CoA, mediado pela enzima 4-comarato-CoA ligase (*4CL*). O 4-cumaroil-CoA, sob reações catalisadas pela enzimas chalcona sintase (*CHS*) e chalcona isomerase (*CHI*), gera como produto a naringina (MA et al., 2019), que produz diferentes tipos de flavonoides em reações químicas mediadas pela ação de flavonona 3-hidroxilase (*F3H*), flavonoide 3'-hidroxilase (*F3'H*) e flavonoide 3',5'-hidroxilase (*F3'5'H*) (AN

et al., 2021). As proantocianidinas são convertidas em antocianinas pela atividade catalítica da diidroflavonol 4-redutase (*DFR*) e da antocianidina sintase (*ANS*) e flavonoide 3-O-glicosil transferase (*UFGT*) (LI et al., 2020; AN et al., 2021; MA et al., 2019).

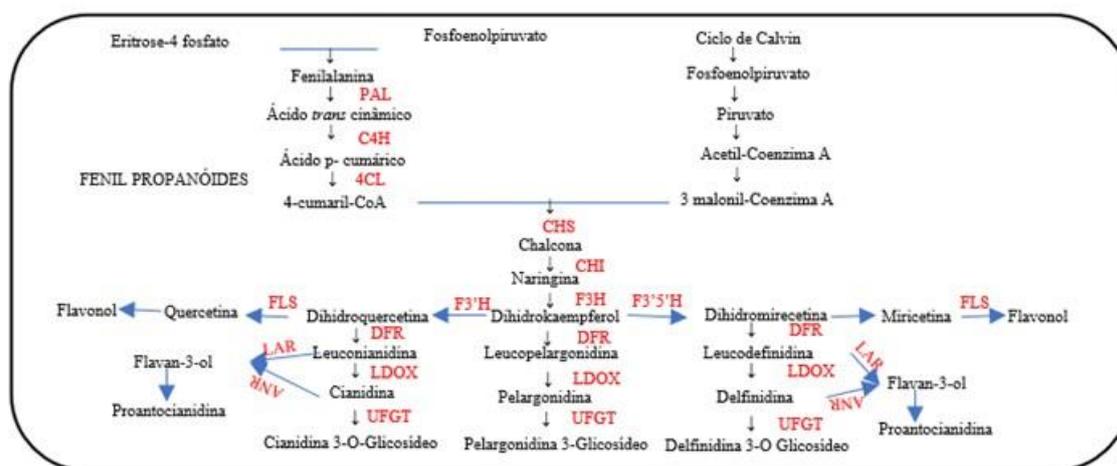


Figura 2 - Rota da biossíntese dos compostos flavonoides. Enzimas: Fenilalanina amônia-liase (*PAL*), cinamato-4-hidroxilase (*C4H*), 4-cumaril-CoA-ligase (*4CL*), chalcona sintase (*CHS*), chalcona isomerase (*CHI*), flavonona 3-hidroxilase (*F3H*), flavonoide 3'-hidroxilase (*F3'H*), flavonoide 3'-5'-hidroxilase (*F3'5'H*), diidroflavonol 4-redutase (*DFR*), flavonol sintase (*FLS*), leucoantocianidina redutase (*LAR*), antocianina redutase (*ANR*), leucoantocianidina dioxigenase (*LDOX*), flavonoide-3-O-glicosil transferase (*UFGT*). Fonte: Adaptado de Li et al. (2020); Wang et al. (2023); An et al. (2021); e Ma et al. (2019).

Kobayashi et al. (2004), relataram que o processo biossintético também é regulado por uma série de fatores transcricionais (TFs) e ativação da expressão de genes específicos. É relatado que os fatores de transcrição *MYBA1* e *MYBA2* regulam a expressão da *UFGT*, que converte antocianidina em antocianina (Walker et al., 2007), e contribuem para os processos de sinalização intercelular e intracelular (FAN et al., 2018; JIU et al., 2021).

Além da contribuição para o apelo visual em frutas, as antocianinas proporcionam muitos benefícios para a saúde humana. Atuam como antioxidante, ao eliminar os radicais livres, podendo retardar o processo de envelhecimento (JO et al., 2020), contribuir no controle da obesidade (SONG et al., 2021), prevenir doenças cardiovasculares (XU et al., 2021), entre outros benefícios associados à ingestão pela dieta, particularmente se a fonte for frutos que têm reconhecidamente teores elevados, como as uvas.

García-Pastor et al. (2019), informaram que existem várias estratégias para aumentar o teor de antocianinas das uvas, incluindo práticas culturais, melhoramento genético, adoção de alguns sistemas de condução, a seleção de porta-enxertos ou o uso de reguladores vegetais que desencadeiam a ativação das vias metabólicas. Estas estratégias precisam ser adequadas à realidade e condições do sistema ou modelo de produção de cada região.

2.5 REGULADORES VEGETAIS PARA INDUÇÃO DE ANTOCIANINAS

As características de qualidade das bagas de uva são afetadas por fatores como cultivar, condições climáticas e uso de reguladores vegetais. A aplicação pré-colheita de reguladores vegetais é uma estratégia que tem sido utilizada para promover a uniformidade da coloração nos cachos das uvas (LI et al., 2021). Os reguladores vegetais são substâncias ativas, induzidas pelas células vegetais sob sinais ambientais específicos e podem regular respostas fisiológicas das plantas em baixas concentrações (JU et al., 2022). Estão envolvidos em muitos processos vitais, como divisão, alongamento celular, diferenciação de tecidos e órgãos, floração, frutificação, maturação e senescência (XIANG et al., 2020). Os reguladores vegetais atuam desde a fase de crescimento à senescência dos frutos, promovendo uma série de eventos em uma complexa rede de interação (ZHAO et al., 2021). Esta interação regula o desenvolvimento e amadurecimento dos frutos, influenciando a resistência aos estresses, que tem relação com o acúmulo de compostos fenólicos. Ainda, desempenham um papel importante na síntese das antocianinas e açúcares (FENN e GIOVANNONI, 2021; LI et al., 2021). Portanto, é de extrema importância explorar a interação dos reguladores vegetais e sua influência sobre a qualidade dos frutos.

Reguladores vegetais, como ABA, etileno, jasmonato, ácido salicílico, brassinosteróides, citocininas, auxinas e giberelinas, participam da regulação da síntese de antocianinas (KOU et al., 2021; WANG et al., 2023; ZAHEDIPOUR-SHESHGLAN e ASGHARI, 2020; LI et al., 2021, NI et al., 2021). No que se refere a aplicações exógenas, os efeitos são específicos da espécie, tecido, condições climáticas, dose, método e época de aplicação (WANG et al., 2023). Portanto, é importante selecionar o regulador vegetal adequado para a síntese das antocianinas na cultura pretendida, a fim de alcançar melhoria no conjunto de compostos que resultam na qualidade

Na região do Submédio do Vale do São Francisco, os reguladores vegetais mais utilizados na indução da coloração na uva ‘BRS Melodia’ são etefom (indutor de etileno) e ABA. No entanto, sem a correta definição de doses e número de aplicações, o uso desses reguladores vegetais descaracteriza a coloração da uva ‘BRS Melodia’ que é vermelho, deixando-a com coloração escura e antecipando a senescência, diminuindo a vida útil pós-colheita.

Li et al. (2022) estudaram a aplicação de diferentes doses de ABA no período pré-colheita, em uva ‘Summer Black’, e observaram a indução do acúmulo de antocianinas e o

amadurecimento das bagas. A análise do transcriptoma mostrou que os genes estruturais envolvidos na biossíntese dos flavonoides foram regulados positivamente com o tratamento com ABA. Além disso, esses genes apresentaram maiores níveis de expressão em bagas tratadas com ABA que na testemunha. A regulação positiva de genes envolvidos na biossíntese de antocianinas coincidiu com um aumento no teor destes pigmentos, sugerindo que a aplicação exógena de ABA poderia afetar o acúmulo desse e de outros compostos fenólicos. Por outro lado, a aplicação do ABA nesta pesquisa resultou também na redução da vida útil da uva, uma vez que acelerou o amadurecimento, diminuiu a textura e promoveu maior perda de massa e sinais precoces de murcha.

A aplicação de etefom em videiras foi relatada por Wang et al. (2022). Os resultados mostraram que a aplicação do indutor de etileno durante o período pré-colheita induziu significativamente o acúmulo de antocianinas e promoveu um amadurecimento mais rápido, observando-se murcha e perda de massa das bagas. A síntese das antocianinas induzidas pelo etefom foi consistente com o aumento da expressão de genes estruturais da via biossintética desses compostos.

O uso dos reguladores vegetais etileno e ABA para promover o acúmulo das antocianinas nas uvas possuem algumas limitações. O ABA tem alto custo, o que tem limitado o uso em maior escala (BOTTCHER et al., 2013). Por sua vez, os efeitos do etileno no desenvolvimento da cor são inconsistentes e podem causar amaciamento dos frutos, uma vez que pode acelerar a degradação das pectinas e desgrane (GARCIA-PASTOR et al., 2019). Portanto, mais pesquisas são necessárias para encontrar alternativas com possibilidades de aplicação comercial, sem consequências prejudiciais para o armazenamento da fruta.

Uma alternativa que têm sido estudada para promover uniformidade da coloração e melhorar outros compostos de qualidade é a aplicação dos jasmonatos. O jasmonato é um hormônio da classe das oxilipinas que é derivado de ácidos graxos poliinsaturados (GARDEN-CERDÁN et al., 2023), preferencialmente o ácido α -linolênico (α -LeA), através da ação consecutiva de enzimas localizadas nos plastídios, peroxissomos e citoplasma, sendo que sua expressão ocorre no núcleo. O α -LeA na membrana é convertido em ácido 12-oxo-fitodienoico (OPDA) (RUAN et al., 2019) pela ação sequencial da lipoxigenase (LOX), óxido de aleno sintase (AOS) e óxido de aleno ciclase (AOC). O jasmonato é, então, sintetizado a partir do OPDA no peroxissomo pela atividade da ácido 12-oxo-fitodienoico redutase (OPR) (LATA et al., 2021). Por três etapas de β -oxidação-redução, o jasmonato é convertido em ácido jasmônico (JA) e, em seguida, no citoplasma é convertido em metil jasmonato (MeJA), um derivado

volátil. Os JA e MeJA são elicitores (moléculas ativas), sendo o segundo mais utilizado nas pesquisas (RUAN et al., 2019; ALI, 2020; JU et al., 2022; LATA et al., 2021).

2.5.1 Metil jasmonato como indutor de antocianinas na uva

O valor comercial das uvas de mesa depende de vários fatores de qualidade e a uniformização da coloração é um dos principais atributos (KOYAMA et al., 2020). Para a uva da cultivar BRS Melodia, a desuniformidade de coloração nos cachos pode ser modificada pela aplicação de reguladores vegetais durante o início da maturação, promovendo o acúmulo de antocianinas uniformemente distribuídas entre as bagas do cacho (RITSCHHEL et al., 2021;). Alguns reguladores vegetais, como o MeJA, têm sido aplicados em uvas com essa finalidade (GARCÍA-PASTOR et al., 2019; GARDEN-CERDÁN et al., 2023).

As plantas emitem uma ampla gama de compostos voláteis dos tecidos vegetativos, flores e frutos que permitem que se comuniquem com o ambiente ao redor. Os compostos voláteis atuam na transmissão de sinais que podem ser induzidas por estresses (Wang et al., 2021a), como patógenos, herbívoros ou condições ambientais adversas, mediando a comunicação entre plantas, afetando não só o tecido da planta desafiada, mas também os seus arredores (Meents e Mithofer, 2020;).

O MeJA é considerado um importante hormônio vegetal. Dada a sua natureza volátil e capacidade de se difundir através das membranas biológicas, pode mediar as comunicações intra e interplantas, modulando as respostas de defesa da planta (XU et al., 2021). Lata et al., (2021), relataram que o MeJA é conhecido por regular processos fisiológicos como crescimento e desenvolvimento vegetal, fechamento estomático, senescência foliar, resposta a lesões e resistência a estresses ambientais. Atua como um sinal nas respostas celulares vegetais e modula a biossíntese de outros hormônios. Interage com receptores específicos nas membranas e no núcleo que ativam uma via de sinalização, resultando na indução de fatores de transcrição com ativação ou repressão de genes, especialmente aqueles envolvidos na rota biossintética dos compostos fenólicos, em particular das antocianinas.

Pesquisas relataram que, quando a concentração de MeJA aumenta no núcleo, os seus níveis são percebidos pelo seu receptor: a proteína coronatina-insensitive1 (*COI*), que está envolvida na via de sinalização do jasmonato. A *COI* se une a E3 ubiquitina ligase (SCF) (AFRIN et al., 2015), formando o complexo SCF-CO1. Esse complexo fornece uma plataforma adequada para o recrutamento das proteínas repressoras Jasmonate Zim-Domain (*JAZ*), que

estão ligadas ao *MYC2* (sem transcrição) (HU et al., 2022). Quando os níveis de MeJA começam a aumentar no núcleo, o complexo *JAZ-MYC2* é ubiquitinado e ocorre a degradação do *JAZ* pelo proteossoma 26s, liberando o fator de transcrição *MYC2*, que está ligado à família gênica *bHLH*, promovendo o acúmulo das antocianinas (ALI 2020). A expressão desses genes é regulada por um grande número de fatores de transcrição pertencentes às famílias *MYC*, *MYB* e *AP2/ERF*, que regulam a expressão de grande parte dos genes responsivos ao jasmonato (RUAN et al., 2019; ALI 2020).

Em uva, quando o MeJA é aplicado em pré-colheita, o mesmo modula a degradação da clorofila e promove a biossíntese das antocianinas nas cascas (NAKAJIMA et al., 2021). A resposta tem ocorrido em diferentes cultivares, sendo as doses e épocas de aplicação distintas para cada caso (GARDEN-CERDÁN et al., 2023; WANG et al., 2022).

Ju et al. (2022) estudaram a aplicação de doses do MeJA durante o período pré-colheita da uva ‘Cabernet Sauvignon’ em três aplicações sucessivas e observaram acúmulo de açúcares e antocianinas nas bagas. As respostas estão associadas ao aumento da expressão de genes que codificam a atividade das enzimas pertencentes à via biossintética das antocianinas, como *CHS*, *F3H*, *CHI*, *F3H*, *F3'5H*, *LDOX*, *DFR* e *UFG*. O aumento da atividade destas enzimas resultou em acúmulo de compostos flavonoides, especialmente as antocianinas.

Em diferentes frutas, a aplicação exógena do MeJA tem contribuído para promover o acúmulo de antocianinas, uniformidade de coloração e estabilidade dos pigmentos (ZHU et al., 2022; LATA et al., 2021). Além disto, outros compostos fenólicos também têm seus teores incrementados em uvas de mesa e para processamento (JU et al., 2022; GARCÍA-PASTOR et al., 2019). A partir dos resultados relatados na literatura, cogita-se a possibilidade de o MeJA induzir incrementos nos teores de antocianinas em cultivares que possuem este como um problema que impacta a comercialização.

2.5.2 Efeito do MeJA na qualidade das uvas

Segundo Jiang et al., (2019) os principais atributos de qualidade das uvas de mesa são intensidade e uniformidade da coloração, tamanho das bagas, turgidez da baga e do engaço, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Estas características, em maior ou menor grau, influenciam a escolha do consumidor (GAO et al., 2019). Minerais, vitaminas, como pró-vitamina A, vitaminas C e E,

bem como fibras, também são importantes na opção de compra, uma vez que são promotores de benefícios à saúde humana.

Wang et al. (2023), relataram que durante o período de armazenamento das uvas, há alterações naturais nesses atributos de qualidade, que podem ser retardadas com a aplicação de reguladores vegetais, como o MeJA. Este, além de retardar a senescência das uvas, promove síntese de compostos fenólicos. Dhami et al. (2022) relataram que a aplicação do MeJA durante o período pré-colheita, em tangerina ‘Kinnow’, promoveu menor perda de massa, maior firmeza dos frutos e maiores teores de flavonóides e polifenóis. Os resultados obtidos neste estudo destacaram que a aplicação do MeJA manteve a qualidade da tangerina, prolongando o período de armazenamento.

García-Pastor et al. (2019) estudaram a aplicação pré-colheita do MeJA nas cultivares de uva Mangeta e Crimson, na região de Alicante, na Espanha. O estudo mostrou que os tratamentos com MeJA podem antecipar ou retardar o amadurecimento das bagas a depender da concentração aplicada, e que as doses adequadas para cada cultivar promoveram maior firmeza, aumentaram o teor de compostos antioxidantes, como fenólicos e antocianinas, e melhoraram a uniformidade da coloração do cacho.

Em razão da importância econômica das uvas de mesa na região do Submédio do Vale do São Francisco e da possibilidade de expansão das áreas cultivadas, é de extrema importância compreender as variações e interferências de estratégias de manejo, incluindo a oportunidade de inserção de novas alternativas de reguladores vegetais, na composição fenólica e demais componentes de qualidade das uvas. Considera-se que essa necessidade se torna mais destacada quando são consideradas as novas cultivares, particularmente as vermelhas, como a BRS Melodia.

2.5.2.1 Alterações diretamente relacionadas à turgidez

A turgidez dos tecidos é uma propriedade que se relaciona com várias características de qualidade. Na uva, a perda de água afeta diretamente a massa total, a firmeza da baga e a suscetibilidade à desidratação do engaço, à murcha da baga e ao desgrane.

A perda de massa ocorre durante o período de armazenamento dos frutos e depende de vários fatores, como atividade respiratória, transpiração, morfologia e tamanho do fruto, condições de armazenamento, entre outros (RASOULI et al., 2019). Resultados de pesquisa realizada por Wang et al., (2021b) apontaram que o retardo no amadurecimento dos frutos

decorrente da aplicação pré-colheita do MeJA é devido ao estímulo à atividade de enzimas como a peroxidase (POD) e lipoxigenase (LOX), que mantêm a integridade celular, reduzindo a perda de massa durante o armazenamento. Então, reduzir a perda de massa dos frutos durante o período de armazenamento é primordial para prolongar a vida útil pós-colheita.

A ocorrência do desgrane acarreta grandes perdas econômicas em cultivares de uvas de mesa. O manejo inadequado, principalmente na aplicação dos reguladores vegetais etefom e ABA, causa elevado índices de desgrane (GARCIA-PASTOR et al., 2019). A aplicação do MeJA pode ser uma alternativa para reduzir o desprendimento das bagas do engaço.

Baswal et al. (2021) relataram que a murcha das bagas é resultante da perda de água ao longo do armazenamento dos frutos, como a aplicação do MeJA melhora a firmeza dos frutos, conseqüentemente, a murcha é diminuída em decorrência da inibição da atividade de enzimas que degradam os componentes estruturais da parede celular, como a pectina metilesterase (PME). Para a cultivar BRS Melodia, que tem textura da baga firme, mas a casca é fina (RITSCHER et al., 2021), essa possibilidade deve estender a vida útil.

A perda de água do engaço é um evento importante para a qualidade da uva, uma vez que seu estado túrgido (com coloração verde) é associado ao frescor do cacho. Dhimi et al. (2022) relataram que a aplicação do MeJA em pré-colheita mantém a integridade dos componentes da parede celular dos cachos, especialmente aumentando os níveis de pectina e lignina nos frutos, resultando em aumento da firmeza e diminuição da perda de água para a atmosfera. Por conseguinte, os engaços se mantêm túrgidos por períodos prolongados.

Pesquisas têm apontado que, após a percepção do MeJA dentro da célula, os níveis de cálcio aumentam. O cálcio é o mensageiro secundário universal das plantas e desempenha um papel crucial nos processos bioquímicos de todos os organismos (SHABBIR et al., 2022). Em resposta ao reconhecimento de sinais do ambiente, mediado por proteínas receptoras membranares, a concentração de Ca^{2+} intracelular aumenta, induzindo a ação de proteínas quinases dependentes de cálcio, também denominadas de calmodulinas (LI et al., 2022).

Segundo Jiang et al. (2019) o aumento do Ca^{2+} na célula promove melhoria das propriedades de componentes estruturais importantes da parede celular, como pectina e lignina, e melhora efetivamente a resistência mecânica dos tecidos, diminuindo a suscetibilidade a infecções fúngicas nos frutos. Wei et al. (2021) relataram que a aplicação do MeJA induziu o acúmulo de lignina e que o seu teor se correlacionou positivamente com a atividade da polifenoloxidase. Conseqüentemente, o MeJA promoveu aumento na concentração dos

principais componentes estruturais da parede celular, resultando em maior firmeza, redução de murcha e manutenção da turgidez do engajo durante um maior período.

2.5.2.2 Ácidos orgânicos e sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis e a acidez titulável são os principais indicadores de sabor para as uvas e determinam sua aceitação pelos consumidores (XIA et al., 2021). A acidez titulável corresponde à soma dos ácidos orgânicos, que, nas uvas, incluem, principalmente, ácido tartárico, málico e cítrico (JU et al., 2022). O teor dos ácidos orgânicos influencia diretamente o sabor, estabilidade química e pH da uva (WANG et al., 2021b). Ferreira et al. (2019) relataram que a variação nos seus teores durante o crescimento e maturação dos frutos está relacionado à genética da cultivar, condições edafoclimáticas, práticas culturais, sistema de condução e porta-enxertos, podendo também estar relacionado à aplicação de reguladores vegetais, que têm a função de retardar ou antecipar a maturação dos frutos.

Segundo Xia et al. (2021) os sólidos solúveis são representados, predominantemente, pelos açúcares e é um indicador usado para avaliar a maturação e ponto de colheita da uva. Uma das principais transformações do processo de maturação da uva é o acúmulo de açúcares na forma de glicose e frutose no meio celular. Estes representam aproximadamente 95% do total de açúcares solúveis na uva, sendo especificamente acumulados nos vacúolos das células do mesocarpo.

Ritschel et al. (2021), relataram que para a cultivar BRS Melodia, ao final do período de maturação, a acidez é moderada e há ausência de adstringência na casca. Nas diversas unidades de validação da cultivar, no final do período de maturação, o teor de sólidos solúveis variou de 15° a 18°Brix; enquanto a acidez titulável, expressa em g de ácido tartárico 100 mL⁻¹, com valores médios entre 0,50 e 0,67.

O uso de reguladores vegetais desempenha papel importante nas características sensoriais das uvas, uma vez que alteram o teor de sólidos solúveis e de ácidos orgânicos. Jiu et al. (2022) registraram redução da atividade respiratória, repercutindo nas taxas de declínio na acidez, decorrente do consumo de ácidos como substrato da respiração, em frutos que receberam aplicações de MeJA.

Bagheri e Esna-Ashari (2022) estudaram a aplicação do MeJA em caqui. Os resultados mostraram maior teor de sólidos solúveis nos frutos do controle, que pode estar relacionado à maior perda de massa comparada à dos demais tratamentos. Fan et al. (2018), relataram que o

menor teor de sólidos solúveis em caquis tratados com MeJA também pode ser devido à estagnação da taxa de respiração e atividade metabólica, o que retarda a senescência e o processo de perda de massa.

Em outros estudos, também foram relatados menores teores de sólidos solúveis em frutos sob aplicação exógena do MeJA, como em morango (VAEZI et al., 2022) e maçã (Oztürk et al., 2013). Por outro lado, algumas pesquisas apontam que a aplicação do MeJA aumentou o teor de sólidos solúveis. Garcia-Pastor et al. (2019) avaliaram a aplicação exógena no MeJA em uva, relatando aumento no teor de sólidos solúveis em frutos em decorrência desse regulador vegetal. A resposta pode estar relacionada ao aumento da taxa fotossintética líquida da videira, que pode ter levado ao aumento do acúmulo de açúcar das bagas. Fan et al. (2022) e Sahoo et al. (2020) registraram incrementos nos teores de sólidos solúveis em maçã e uva, respectivamente, quando receberam aplicação exógena do MeJA durante o período pré-colheita.

2.5.2.3 Cor

Segundo Fan et al. (2022) a medição da cor pode ser efetuada fundamentalmente por dois métodos instrumentais, o espectrofotométrico e o colorimétrico. O método CIELab (método colorimétrico) fundamenta-se na teoria das cores opostas. Neste modelo, estão representadas a coordenada L^* (luminosidade), que varia entre o preto (0) e o branco (100), e as coordenadas a^* (verde/vermelho) e b^* (amarelo/azul), que são componentes cromáticas que tomam valores negativos e positivos. Ainda, C (croma) e H (ângulo Matiz) podem ser determinados para a composição da cor.

Na ausência da medida instrumental, é possível dispor de outros métodos. No caso da uva, esses métodos precisam refletir as variações da tonalidade que são específicas da cultivar e influenciadas pelas condições de cultivo. Portanto, realizar uma classificação por meio de dados numéricos, utilizando um índice de cor que mostre uma alta correlação com a cor visual externa de medida objetiva, é importante em estudos que tratam de respostas sobre a coloração.

Carreño et al. (1995) elaboraram o índice de cor para uvas vermelhas, o Color Index for Red Grapes (CIRG), que corresponde à equação $[(180 - H)/(L + C)]$, utiliza os parâmetros de cor do CIELab e estuda as correlações entre a cor visual (intensidade, tonalidade e saturação) e índices de cor. O método utiliza um dado padronizado e índice otimizado (dado numérico), no qual valores próximos a 1,55 corresponde à coloração amarela, 2,49-rosado, 3,66-vermelho,

4,75-vermelho escuro e 5,57-violeta. A utilização desse método é importante em uvas de cor, como a 'BRS Melodia', pois propõe, de maneira objetiva, descrever a cor das uvas.

A melhoria na coloração e uniformidade dos frutos promovida pelo MeJA pode ser devido ao aumento da atividade de enzimas que culminam no acúmulo das antocianinas, como *PAL*, *C4H*, *4CL*, *CHI*, *F3H*, *DFR*, *LDOX* e *UFGT* (NAKAJIMA et al., 2021; RASOULI et al., 2019). Para uma avaliação adequada da resposta do tratamento à coloração das uvas, é preciso dispor de avaliação objetiva suficientemente precisa para concluir sobre taxas de incrementos, intensidade e duração dos efeitos.

2.5.2.4 Compostos flavonoides nas uvas de cor

As uvas são fonte de compostos fenólicos, especificamente os polifenóis. Estes compostos atuam na defesa contra a radiação UV ou ataque patogênico, sendo encontrados na casca da uva, sementes e polpa (XIA et al., 2021). Vo et al. (2022) relataram que devido às suas atividades biológicas as uvas geram benefícios para a saúde, apresentando função antioxidante, antibacteriana, anti-inflamatória e anticancerígena, além de desempenharem um papel essencial no sabor, cor e propriedades físico-químicas dos alimentos, afetando sua qualidade, estabilidade e vida pós-colheita. Ferreira et al. (2019), relataram que, a composição fenólica da uva depende de fatores como a cultivar, as condições edafoclimáticas da região de cultivo, principalmente temperatura e radiação solar, práticas culturais, entre outros.

Os polifenóis são divididos em muitas subclasses, dependendo do número de anéis fenólicos em sua estrutura molecular, dos grupos substituintes e dos elementos estruturais que unem esses anéis (OFOSU et al., 2020). Portanto, são classificados de acordo com sua origem, função e estrutura química.

Os principais grupos incluem flavonoides (flavonóis, flavononas, flavonoides e antocianinas), fenóis simples (como ácido hidroxibenzóico e ácido hidroxicinâmico), ácidos fenólicos, isoflavonas, polímeros fenólicos (XIA et al., 2021), estilbenos (viniferina, *trans*-resveratrol, *cis*-resveratrol e piceatanol) e ligninas com milhares de compostos em cada grupo (COSTA et al., 2020).

As uvas de mesa vermelha são ricas em compostos flavonoides (antocianinas, proantocianidinas, flavan-3-óis e flavonóis) e não flavonoides (ácidos fenólicos e estilbenos) (AN et al., 2021; MA et al., 2019). Segundo Dixon et al., (2022), as antocianinas representam o principal grupo dos compostos fenólicos em uvas de cor. Por sua vez, as proantocianidinas

são taninos condensados encontrados em uma ampla gama de plantas, sintetizadas pelas mesmas enzimas que as antocianinas (Figura 2) e que desempenham papéis importantes durante o desenvolvimento vegetal, estando envolvidas na defesa das plantas contra patógenos e herbívoros devido à sua capacidade de se ligar a proteínas e íons metálicos.

Ainda, está bem documentado que as proantocianidinas possuem propriedades que protegem o organismo humano contra doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e infecções bacterianas (FENG et al., 2021; UNUSAN, 2020).

Os tipos de proantocianidinas mais encontrados nas uvas são proantocianidina A2, proantocianidina B1 e proantocianidina B2. Seu acúmulo é influenciado por fatores climáticos (COSTA et al., 2020), bem como pelo uso dos hormônios vegetais. Shi et al. (2018) destacaram que a aplicação do MeJA nos frutos durante o período pré-colheita induz o aumento das atividades das enzimas *F3'H*, *DFR*, *LDOX* e, principalmente, leucoantocianidina redutase (*LAR*) e antocianina redutase (*ANR*), que participam da síntese dos flavan-3-óis e da conversão em proantocianidinas. Segundo Feng et al. (2021), os flavan-3-óis mais encontrados em uvas são (+)-catequina, (-)-epicatequina, (-)-epicatequina galato e (-)-epigallocatequina galato. Trabalhos apontam que o consumo de alimentos ricos em flavan-3-óis trazem diversos benefícios à saúde decorrentes de sua atividade cardioprotetora e neuroprotetora.

A biossíntese dos flavonóis (Figura 2) inicia-se com a atividade das enzimas *PAL*, *C4H*, *4CL*, *CHS*, *CHI*, *F3H*, *F3'5'H*, *F3'H* e *FLS*. Nas uvas, os principais flavonóis encontrados são kaempferol, isoquercetina, isoharmnetina, miricetina e rutina (SHI et al., 2018; LI et al., 2020). Esses compostos são importantes para a fruta e o consumo de alimentos ricos em flavonóis está atrelado às propriedades antioxidantes e anticancerígenas que promovem (FENG et al., 2021).

2.5.2.5 Compostos não flavonoides nas uvas de cor

Os ácidos fenólicos, juntamente com os estilbenos, são os compostos não flavonoides encontrados em maior abundância em uvas de cor. Newair et al. (2023), relataram que os ácidos fenólicos contribuem para as diversas funções biológicas, incluindo a defesa das plantas contra estresses bióticos e abióticos. Oferecem diversos benefícios à saúde, pois possuem atividade antioxidante, anti-inflamatória e antibacteriana.

Os ácidos fenólicos geralmente possuem um grupo ácido carboxílico, sendo divididos em ácidos hidroxibenzóico (ácido gálico e ácido siríngico) e ácido hidroxicinâmico (ácido cafeico, ácido caftárico, ácido clorogênico, ácido cumárico e ácido ferúlico), que são derivados

do ácido cinâmico (YILDIZ et al., 2015). Bontpart et al. (2016), relataram que a síntese dos ácidos fenólicos ocorre a partir da ação da *PAL*, que converte fenilalanina em ácido *trans*-cinâmico. Este, pela ação da *C4H*, é convertido em ácido *p*-cumárico, liberando amônia que serve como ponto chave para a síntese dos ácidos fenólicos. O ácido *p*-cumárico sofre hidroxilação e oximetilação e produz os ácidos cafeico, ferúlico, caftárico, clorogênico e cumárico. Vários fatores influenciam o acúmulo dos ácidos fenólicos, como local do plantio, condições climáticas, sistema de condução, porta-enxerto, práticas culturais e condições de armazenamento após a colheita.

O estudo realizado por Wei et al. (2020) apontou que o uso do MeJA no período pré-colheita aumentou a atividade de enzimas, como *PAL*, *C4H*, *4CL*, *CHS* e acil-CoA redutase (*FAR*), e a expressão de genes que culminam no acúmulo dos ácidos fenólicos. As condições climáticas também interferem no acúmulo dos ácidos fenólicos, particularmente temperaturas e radiação mais altas determinam maiores acúmulos (COSTA et al., 2020).

Os estilbenos são fitoalexinas e reúnem, como principais compostos, o *cis*-resveratrol, o *trans*-resveratrol, a viniferina e o piceatanol. São sintetizados pela rota do ácido chiquímico a partir da síntese do ácido *trans*-cinâmico, que é convertido em ácido *p*-cumárico pela enzima *C4H* (HAPESHI et al., 2019). A estilbeno sintase (*STS*) catalisa a formação dos estilbenos monoméricos com três unidades de malonil-CoA e 4-cumaroil-CoA para formar resveratrol ou piceatanol (MULLER et al., 2019). Os estilbenos são sintetizados nas plantas como mecanismo de defesa contra estresses externos, como ataque/infecção por patógenos. Destacam-se por possuir propriedades antioxidantes, cardioprotetoras e imunoprotetoras (HAPESHI et al., 2019).

Garden-Cerdán et al. (2023) avaliaram a aplicação do MeJA em pré-colheita em uvas vermelhas e os resultados observados incluíram acúmulo do *trans*-resveratrol, *cis*-resveratrol e piceatanol em comparação à testemunha. O acúmulo de estilbenos decorrente da aplicação do MeJA está associado ao aumento da atividade da *STS*, que é a principal enzima biossintética dos estilbenos (BLASZCZYK et al., 2019). A síntese dos estilbenos também pode ser aumentada pelas condições ambientais durante a maturação dos frutos, especialmente a radiação solar, que, em condições intensas, propiciam essa resposta (HAPESHI et al., 2019; COSTA et al., 2020).

2.5.2.6 Atividade antioxidante

Dhami et al. (2022) relataram que as uvas de mesa são fontes de compostos antioxidantes, caracterizados pela capacidade de capturar os radicais livres nas células biológicas e as espécies reativas de oxigênio, como os radicais superóxido, hidroxila e peroxila. Esses compostos têm a função de inibir, retardar, prevenir ou neutralizar os efeitos danosos da oxidação, que são comumente geradas no corpo humano. Moléculas com propriedades antioxidantes podem ser produzidas endogenamente ou ingeridas pela dieta ou suplementos alimentares. Por isso, é crescente o interesse no consumo de alimentos, como as uvas de mesa, que possuem potencial antioxidante.

Sánchez-Moreno et al., (1998) descreveram que a atividade ou capacidade antioxidante das frutas pode ser expressa por meio de vários métodos, cujas bases químicas estão relacionados à remoção de um radical peroxil (ORAC - *oxygen radical absorbance capacity*, TRAP - *total reactive antioxidant potential*), à capacidade de redução de metal (FRAP - *ferric reducing antioxidant power*, CUPRAC - *cupric ion reducing antioxidant capacity*), à capacidade de remoção de radical orgânico (ABTS - 2,2-azino-bis (ácido 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico, DPPH - 2,2-difenil-1-picrylhydrazil) e à quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídeos (TBARS - *thiobarbituric acid reactive substances*, a oxidação do LDL - *low-density lipoprotein*, co-oxidação do β -caroteno) .

A capacidade antioxidante em frutos pode ser aumentada com a aplicação pré-colheita de MeJA. A resposta está relacionada à redução da atividade de enzimas responsáveis pelo estresse oxidativo nos frutos (BAGHERI e ESNA-ASHARI, 2022). Zhu et al. (2023), relataram que quando as plantas sofrem estresse abióticos, especialmente sob temperatura e radiação solar elevados, ocorre um aumento das espécies reativas de oxigênio (ROS) que precisam ser neutralizadas para proporcionar um equilíbrio oxidativo. Segundo Vaezi et al. (2029), a aplicação do MeJA em frutos aumentou o sistema de defesa por meio do incremento na atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT), peroxidase (POD) e glutaciona redutase (GR), que constituem um eficiente sistema antioxidante enzimático. Além disso, aumentou o sistema antioxidante não enzimático, que é promovido por carotenoides e polifenóis.

O crescimento do setor de uva de mesa na região do Submédio do Vale do São Francisco tem possibilitado o investimento em novas ferramentas para melhorar o sistema produtivo e potencializar a competitividade nos diferentes mercados. Pretende-se que estas adequações

promovam características de interesse comercial desde o desenvolvimento da videira no campo até a qualidade do produto final, o que inclui a biossíntese de compostos fenólicos, atividade antioxidante e uniformização da coloração. Tendo em vista que tais características são influenciadas por diferentes fatores, estudos sobre a aplicação do MeJA em distintas doses e épocas de produção gerarão informações científicas que apoiarão a definição de um modelo de produção regionalmente mais adequado para cultivares tintas em particular.

REFERÊNCIAS

- AFRIN, S.; HUANG, J. J.; LUO, Z. Y. JA-mediated transcriptional regulation of secondary metabolism in medicinal plants. **Buletin Stiintific**, China, v. 60, n. 12, p. 1062–1072, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11434-015-0813-0>.
- AN, J-P.; XU, R-R.; LIU, X.; ZHANG, J-C.; WANG, X-F.; YOU, C-X.; HAO, Y-J. Jasmonate induces biosynthesis of anthocyanin and proanthocyanidin in apple by mediating the JAZ1-TRB1-MYB9 complex. **Plant Journal**, China, v. 2, n. 106, p.1414-1430. 2021. 106:1414-1430. <https://10.1111/tpj.15245>.
- ALI, MD.; SARAFAT, B.; KWANG, H. Jasmonic Acid Signaling Pathway in Response to Abiotic Stresses in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 21, n. 4, p. 1-10. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21020621>.
- BAGHERI, M.; ESNA-ASHARI, M. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on persimmon quality during cold storage. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 2, n. 294, p. 11-26. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110756>.
- BASWAL, A. K.; DHALIWAL, H. S.; SINGH, Z.; MAHAJAN, B. V. C. Post-harvest application of methyl jasmonate, 1-methylcyclopropene and salicylic acid elevates health-promoting compounds in cold-stored ‘Kinnow’ mandarin (*Citrus nobilis* Lour x *C. deliciosa* Tenora) fruit. **International Journal of Fruit Science**, Filadelfia, v. 1, n. 10, n.1. p. 1–11. 2021. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1860865>.
- BLASZCZYK, A.; SADY, S.; SIELICKA-RÓŻYŃSKA, M. The stilbene profile in edible berries. **Phytochemistry Reviews**, Chicago, v. 2, n. 18, p. 1-31. 2019. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9580-2>.
- BONTPART, T.; MARLIN, T.; VIALET, S.; GUIRAUD, J. L.; PINASSEAU, L.; MEUDEEC, E.; SOMMERER, N.; CHEYNIER, V.; TERRIER N. Two shikimate dehydrogenases, VvSDH3 and VvSDH4, are involved in gallic acid biosynthesis in grapevine. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, n. 67, p. 3537–3550. 2016. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw184>.
- BOTTCHER, C.; HARVEY, K. E.; BOSS, P. K.; DAVIES, C. Ripening of grape berries can be advanced or delayed by reagents that either reduce or increase ethylene levels. **Functional Plant Biology**, Austrália, n. 40, p. 50-66. 2013. <https://doi.org/10.1071/FP12347>.
- BRASIL, 2022. **Brazilian horti & fruti yearbook**. Gazeta, Santa Cruz do Sul, BR (2022). Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2022/04/HORTIFRUTI_2022.pdf. Acesso em: 03 dez. 2022.

CARREÑO, J.; MARTINEZ, A.; ALMELA, L.; FERNANDEZ-LOPEZ, J. A. Proposal of an index for the objective evaluation of the color of red table grapes. **Food Research International**, Ottawa, v. 2, n. 28, p. 373–377. 1995. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(95\)00008-A](https://doi.org/10.1016/0963-9969(95)00008-A).

COSTA, R. R.; RODRIGUES, A. A. M.; VASCONCELOS, V. A. F.; COSTA, J. P. D.; LIMA, M. A. C. Trellis systems, rootstocks and season influence on the phenolic composition of ‘Chenin Blanc’ grape. **Scientia Agricola**, São Paulo, n.3, p. 1-11. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0207>.

DHAMI, K. S.; ASREY, R.; AWASTHI, O. P.; BHOWMIK, A. Pre and postharvest treatments of methyl jasmonate: Maintain quality and shelf-life of Kinnow mandarin fruit during cold storage. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, n. 151, p. 1-8. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.11.006>.

DIXON, R. A.; ACHNINE, L.; KOTA, P.; LIU, C-J.; REDDY, M. S. S.; WANG L. The phenylpropanoid pathway and plant defence-a genomics perspective. **Molecular Plant and Pathology**, Bristol, n. 3, p. 371-390. 2022. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00131>.

FANG, J.; JOGAIHAH, S.; GUAN, L.; SUN, X.; ABDELRAHMAN, M. Coloring biology in grape skin: a prospective strategy for molecular farming. **Physiology Plant**, Bethesda n.164, p. 429–441. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111741>.

FAN, Y.; LI, C.; ZHU, J.; SUN, L.; HUANG, R.; GUO, M.; WU, Y.; GE, Y. Organic acids metabolism and GABA shunt involved in maintaining quality of *Malus domestica* by methyl jasmonate treatment. **Food Research International**, Ottawa, v. 2, n. 160, p. 11-17. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111741>.

FENG, S.; YI, J.; LI, X.; WU, X.; ZHAO, Y.; MA, Y.; BI, J. Systematic review of phenolic compounds in apple fruits: compositions, distribution, absorption, metabolism, and processing stability. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Filadelfia, n. 69, p. 7-27. 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05481>.

FENN, M. A.; GIOVANNONI, J. J. Phytohormones in fruit development and maturation. **The Plant Journal**, China, n. 105, p. 446–458. 2021.

FERREIRA, T. O.; COSTA, R. R.; FÉLIX, D. T.; ANDRADE, N. E. R.; CRUZ, M. M.; LIMA, M. A. C. Quality and antioxidant potential of ‘BRS Magna’ grapes harvested in the first half of the year under different training systems and rootstocks in a tropical region. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, n. 43, p. 1-12. 2019. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943029518>.

GAO-TAKAIA, M.; KATAYAMA-IKEGAMIA, A.; MATSUDAB, K.; SHINDOA, H.; UEMAEA, S.; OYAIZUA M. A low temperature promotes anthocyanin biosynthesis but does not accelerate endogenous abscisic acid accumulation in red-skinned grapes. **Plant Science**, São Paulo, n. 283, p. 165–177. 2019. <https://doi.org/10.1039/c9ra10479h>.

GARCIA-PASTOR, M. E.; SERRANO, M.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; ZAPATA, P. J. Methyl jasmonate effects on table grape ripening, vine yield, berry quality and bioactive compounds depend on applied concentration. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 247, p. 380–389. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111226>.

GARDE-CERDÁN, T.; URTURI, I.; SÁENZ, L.; RUBIO-BRETÓN, P.; MARÍN-SAN, R. S.; BAROJA, E.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, G. B.; DELGADO-LÓPEZ, J. M.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P. Foliar application of methyl jasmonate and methyl jasmonate supported on nanoparticles: Incidence on grape phenolic composition over two seasons. **Food Chemistry**, Londres, n. 402, p. 13-42. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134244>.

HAPESHI, A.; BENARROCH, J. M.; CLARKE, D. J.; WATERFIELD, N. R. Iso-propyl stilbene: a life cycle signal? **Microbiology**, São Paulo, n. 165, p. 516-526. 2019. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000790>.

HO, T-T.; MURTHY, H. N.; PARK, S. Y. Methyl jasmonate induced oxidative stress and accumulation of secondary metabolites in plant cell and organ cultures. *International Journal of Molecular Sciences*, California, v. 2, n. 21, p. 7-16. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21030716>.

HU, S.; YU, K.; YAN, J.; SHAN, X.; XIE, D. Jasmonate perception: Ligand–receptor interaction, regulation, and evolution. **Molecular Plant**, Londres, n. 16, p. 23-42. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.08.011>.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) Pesquisa produção agrícola municipal**. Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2022/04/HORTIFRUTI_2022.pdf. Acesso em: 27. mar. 2023.

JIANG, H.; WANG, B.; MA, L.; ZHENG, X.; GONG, D.; XUE, H.; BI, Y.; WANG, Y.; ZHANG, Z.; PRUSKY, D. Benzo-(1, 2, 3)-thiadiazole-7-carbothioic acid s-methyl ester (BTH) promotes tuber wound healing of potato by elevation of phenylpropanoid metabolismo. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 153, p. 125-132. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.03.003>.

JIU, S.; GUAN, L.; LENG, X.; ZHANG, K.; HAIDER, M. S.; YU, X.; ZHU, X.; ZHENG, T.; GE, M.; WANG, C.; JIA, H.; SHANGGUAN, L.; ZHANG, C.; TANG, X.; ABDULLAH, M.; JAVED, H. U.; HAN, J.; DONG, Z.; FANG, J. The role of VvMYBA2r and VvMYBA2w alleles of the MYBA2 locus in the regulation of anthocyanin biosynthesis for molecular breeding of grape (*Vitis* spp.) skin coloration. **Plant Biotechnology Journal**, Pennsylvania, n. 19, p. 1216–1239. 2021. <https://doi.org/10.1111/pbi.13543>.

JU, Y-L.; LIU, B-C.; XU, X-L.; WU, J-R.; SUN, W.; FANG, Y-L. Targeted metabolomic and transcript level analysis reveals the effects of exogenous strigolactone and methyl jasmonate on grape quality. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 2, n. 299, p. 11-19. 2022. <https://doi.org/10.1111/pbi.13543>.

KOBAYASHI, S.; GOTO-YAMAMOTO, N.; HIROCHIKA, H. Retrotransposon-induced mutations in grape skin color. **Science**, Washington, p. 304, p. 982-990. 2004. <https://doi.org/10.1126/science.1095011>.

KOU, X.; YANG, S.; CHAI, L.; WU, C.; ZHOU, J.; LIU, Y.; XUE, Z. Abscisic acid and fruit ripening: Multifaceted analysis of the effect of abscisic acid on fleshy fruit ripening. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 281, p. 1-11. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109999>.

KOYAMA, R.; BORGES, W. F. S.; COLOMBO, R. C.; HUSSAIN, I.; SOUZA, R. T.; ROBERTO, S. R. Phenology and Yield of the Hybrid Seedless Grape ‘BRS Melodia’ Grown in an Annual Double Cropping System in a Subtropical Area. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 6, p. 1-11. 2020. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6010003>.

LATA, D.; ANAND, A.; OZTURK, B.; ILAHY, R.; AHMAD, M. S.; SIDDIQUI, M. W. Methyl jasmonate and its application for improving postharvest quality of Fruits. Jasmonates and Salicylates Signaling in Plants. **Research Gates**, Washington, n. 485, p. 239–254. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75805-9_11.

LEÃO, P. C. S.; BORGES, R. M. E.; MELO, N. F.; BARBOSA, M. A. G.; LIMA, M. A. C. BRS Tainá: new white seedless grape cultivar for the Brazilian semi-arid region. **Crop Breeding and applied Biotechnology**, Viçosa, n. 21, p. 1-6. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332021v21n3c49>.

LEÃO, P. C. S.; NUNES, B. T. G.; NASCIMENTO, J. H. B.; SOUZA, M. C.; REGO, J. I. S. BRS Vitória: a new seedless table-grape cultivar for the São Francisco Valley, northeast Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.1, p. 275-280. 2019. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1248.39>.

LI, J.; LIU, B.; LI, X.; LI, D.; HAN, J.; ZHANG, Y.; MA, C.; XU, W.; WANG, L.; JIU, S.; ZHANG, C.; WANG, S. Exogenous abscisic acid mediates berry quality improvement by altered endogenous plant hormones level in ‘Ruiduhongyu’ grapevine. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 12, p. 1-19. 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.739964>.

LI, T.; FAN, Y.; QIN, H.; DAI, G.; LI, G.; LI, Y.; WANG, J.; YIN, Y.; CHEN, F.; QIN, X.; CAO, Y.; TANG, L. Transcriptome and flavonoids metabolomic analysis identifies regulatory networks and hub genes in black and white fruits of *Lycium ruthenicum murray*. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 1, n. 11, p. 1-19. 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01256>.

LI, Y-M.; SUN, X-R.; YOU, J-L.; LI, X-J.; LI, B.; XIE, Z-S. Transcriptional analysis of the early ripening of ‘Summer Black’ grape in response to abscisic acid treatment. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 299, p.1-9. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111054>.

- LIMA, J. R. F. 2023. **Observatório de Mercado de Uva da Embrapa Semiárido. Embrapa.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355026/61396182/Boletim+Uva+-+Pam+IBGE+2022/ff640318-6135-0892-4fa3-75a767d8b473>. Acesso em: 27. mar. 2024.
- MA, Z-H.; LI, W-F.; MAO, J.; LI, W.; ZUO, C-W.; ZHAO, X.; DAWUDA, M. M.; SHI, X-Y.; CHEN, B-H. Synthesis of light-inducible and light-independent anthocyanins regulated by specific genes in grape ‘Marselan’ (*Vitis vinifera* L.). **Peer Journal**, California, n. 7, p. 5-21. 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.6521>.
- MAIA, J. D. G.; RITSCHER, O. S.; CAMARGO, U. A.; SOUZA, R. T.; GROHS, D. S.; FAJARDO, T. V. M. BRS Melodia: Nova Cultivar de Uvas Sem Sementes, Com Sabor Especial de Mix de Frutas Vermelhas, Recomendada Para Cultivo na Serra Gaúcha, em Cobertura Plástica; Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica: Bento Gonçalves**, n. 144, p. 22-32. 2019.
- MINICH, D. A review of the science of colourful, plant-based food and practical strategies for eating the Rainbow. **Journal of Nutrition and Metabolism**, Londres, n. 125, p.1-19. 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2125070>.
- NAKAJIMA, N.; HIROMICHI, I.; YOSHIKO, K. Effects of exogenous methyl jasmonate and light condition on grape berry coloration and endogenous abscisic acid content. **Journal of Pesticide Science**, Bristol, n. 46, p. 322–332. 2021. <https://doi.org/10.1584/jpestics.D21-027>.
- NEWAIR, E. F.; MOHAMED, I. M. A.; GARCIA, F.; AL-ANAZI, A. Caftaric acid oxidation in the presence of cell signaling regulator glutathione: Electrochemical and chromatographic analyses. **Microchemical Journal**, Filadelfia, n. 193, p. 1-9. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109045>.
- NI, J. B.; PREMATHILAKE, A. T.; GAO, Y. H.; YU, W. J.; TAO, R. Y.; TENG, Y. W.; BAI, S. L. Ethylene-activated PpERF105 induces the expression of the repressor-type R2R3-MYB gene *PpMYB140* to inhibit anthocyanin biosynthesis in red pear fruit. **Plant Journal**, China, n. 105, p. 167-181. 2021. <https://doi.org/10.1111/tpj.15049>.
- OFOU, F. K.; DALIRI, E. B. M.; ELAHI, F.; CHELLIAH, R.; LEE, D. H. O. New Insights on the Use of Polyphenols as Natural Preservatives and Their Emerging Safety Concerns. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, New York, n. 4, p. 1-14. 2020. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.525810>.
- OIV. 2022. **International Organization of Vine and Wine.** Disponível em: https://www.oiv.int/sites/default/files/documents/OIV_Annual_Assessment-2023.pdf. Acesso em: 27 mar. 2024.

OZTÜRK, B.; ALTUNTAS, E.; YILDIZ, K.; OZKAN, Y.; SARACOGLU, O. Effect of methyl jasmonate treatments on the bioactive compounds and physicochemical quality of 'Fuji' apples. **Ciencia e Investigación Agraria**, Minas Gerais, n. 40, p. 201–211. 2013.

RASOULI, M.; SABA, M. K.; RAMEZANIAN, A. Inhibitory effect of salicylic acid and aloe vera gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 247, p. 27-34. 2019. <https://doi.org/2472734>.

RITSCHER, P. S.; MAIA, J. D. G.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. S.; PROTAS, J. F. S.; GROHS, D. S., et al. BRS Melodia: Manejo da cultivar de uva rosada, sem sementes, com sabor *gourmet*, para produção na região do Submédio do Vale do Rio São Francisco. Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica**: Bento Gonçalves, Brazil, n. 158, p. 29-36. 2021.

RUAN, J.; ZHOU, Y.; ZHOU, M.; YAN, J.; KHURSHID, M.; WENG, W.; CHENG, J.; ZHANG, K. Jasmonic acid signaling pathway in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, California, n. 20, p. 1-15. 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20102479>.

SAHOO, T.; VERMA, M. K.; DUBEY, A. K.; THAKRE, M.; IQUEBAL, M.; BHARADWAJ, C.; SAHA, S. Pre-harvest application of methyl jasmonate for improving nutritional quality of 'Pusa Navrang' grape (*Vitis vinifera*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Nova Delhi, n. 90, p. 813–820. 2020. <https://doi.org/10.56093/ijas.v90i4.102230>.

SAIGO, T.; WANG, T.; WATANABE, M.; TOHGE, T. Diversity of anthocyanin and proanthocyanin biosynthesis in land plants. **Current Opinion in Plant Biology**, Texas, n. 55, p. 93–99. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.04.001>.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, São Paulo, n. 76, p. 270-276. 1998. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2<270::AID-JSFA945>3.0](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2<270::AID-JSFA945>3.0).

SHABBIR, R.; JAVED, T.; HUSSAIN, S.; AHMAR, S.; NAZ, M.; ZAFAR, H. Calcium homeostasis and potential roles in combatting environmental stresses in plants. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, n. 148, p. 683–693. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.038>.

SHI, LY.; CAO, S. F.; CHEN, X.; CHEN, W.; ZHENG, Y. H.; YANG, Z. F. Proanthocyanidin synthesis in Chinese bayberry (*Myrica rubra* Sieb. Et zucc.) fruits. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 9, p. 212-224. 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00212>.

UNUSAN, N. Proanthocyanidins in grape seeds: an updated review of their health benefits and potential uses in the food industry. **Journal of Functional Foods**, n. 67, p. 10-20. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103861>.

VAEZI, S.; ASGHARI, M.; FAROKHZAD, A.; AGHDAM, M. S.; MAHNA, N. Exogenous methyl jasmonate enhances phytochemicals and delays senescence in harvested strawberries by modulating GABA shunt pathway. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 393, p. 1-10. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133418>.

VO, G. T.; LIU, Z.; CHOU, O.; ZHONG, B.; BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R.; SULERIA, H. A. R. Screening of phenolic compounds in Australian grown grapes and their potential antioxidant activities. **Food Bioscience**, n. 47, p. 1-10. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133418>.

WANG, B.; HE, J.; BAI, Y.; YU, X.; LI, J.; ZHANG, C.; XU, W.; BAI, X.; CAO, X.; WANG, S. Root restriction affected anthocyanin composition and up-regulated the transcription of their biosynthetic genes during berry development in ‘Summer Black’ grape. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, n. 35, p. 2205-2217. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1257-2>.

WANG, D. D.; LI, Y.; BHUPATHIRAJU, S. N.; ROSNER, B. A.; SUN, Q.; GIOVANNUCCI, E. L.; RIMM, E. B.; MANSON, J. A. E. Fruit and vegetable intake and mortality results from 2 prospective cohort studies of us men and women and a meta-analysis of 26 cohort studies. **Circulation**, n. 143, p.1642-1654. 2021a. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.048996>.

WANG, J.; VANDERWEIDE, J.; YAN, Y.; TINDJAU, R.; PICO, J.; DELUC, L.; ZANDBERG, W. F.; CASTELLARIN, S. D. Impact of hormone applications on ripening-related metabolites in Gewürztraminer grapes (*Vitis vinifera* L.): The key role of jasmonates in terpene modulation. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 388, p. 13-29. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132948>.

WANG, S. Y.; SHI, X. C.; LIU, F-Q.; LABORDA, P. Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 353, p. 94-82. 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129482>.

WEI, X. P.; MAO, L. C.; LU, W. J.; WEI, X. B.; HAN, X. Y.; GUAN, W. L.; YANG, Y. J.; ZHA, M.; XU, C. J.; LUO, Z. S. Three transcription activators of ABA signaling positively regulate suberin monomer synthesis by activating cytochrome P450 CYP86A1 in kiwifruit. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 10, p. 1-16. 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01650>.

WALKER, A. R.; LEE, E.; BOGS, J.; MCDAVID, D. A.; THOMAS, M. R.; ROBINSON, S. P. White grapes arose through the mutation of two similar and adjacent regulatory genes. **Plant Journal**, China, n. 49, p. 772–785. 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2006.02997.x>

XIA, H.; SHEN, Y.; DENG, H. J.; WANG, J.; LIN, L.; DENG, Q.; LV, X.; LIANG, D.; HU, R.; WANG, Z.; XIONG, B. Melatonin application improves berry coloration, sucrose synthesis, and nutrient absorption in ‘Summer Black’ grape. **Food Chemistry**, Philadelphia, n. 356, p. 1-12. 2021. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri246>.

XIANG, W. J.; WANG, H. W.; SUN, D. W. Phytohormones in postharvest storage of fruit and vegetables: mechanisms and applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Massachusetts, n. 61, p. 2969-2983. 2020. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1864280>.

XU, L.; TIAN, Z.; CHEN, H.; ZHAO, Y.; YANG, Y. Anthocyanins, anthocyanin-rich berries, and cardiovascular risks: systematic review and meta-analysis of 44 randomized controlled trials and 15 prospective cohort studies. **Frontier in Nutrition**, n. 15, p. 1-14. 2021. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.747884>.

YILDIZ, O.; CAN, Z.; LAGHARI, A. Q.; ŞAHIN, H.; MALKOÇ, M. Wild edible mushrooms as a natural source of phenolics and antioxidants. **Journal Food Biochemistry**, Michigan, n. 39, p. 148–154. 2015. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12107>.

YUZUAK, S.; XIE, D-Y. Anthocyanins from muscadine (*Vitis rotundifolia*) grape fruit. **Current Plant Biology**, n. 30, p. 10-23. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100243>.

ZAHEDIPOUR-SHESHGLANI, P.; ASGHARI, M. Impact of foliar spray with 24-epibrassinolide on yield, quality, ripening physiology and productivity of the strawberry. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 268, p. 1-9. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109376>.

ZHAO, B. Q.; LIU, Q. Y.; WANG, B. S.; YUAN, F. Roles of phytohormones and their signaling pathways in leaf development and stress responses. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Philadelphia, n. 69, p. 3566–3584. 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07908>.

ZHU, L.; HAITAO, Y.; XIAOMEI, D.; MINGLIANG, Y.; ZHIFANG, Y. Effect of methyl jasmonate on the quality and antioxidant capacity by modulating ascorbate-glutathione cycle in peach fruit Lijuan. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 330, p. 11-16. 2022.

CAPÍTULO I - METIL JASMONATO NO INCREMENTO DA COLORAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE CACHOS DA UVA ‘BRS MELODIA’¹.

RESUMO

O metil jasmonato (MeJA) atua em diversos processos fisiológicos, incluindo a síntese de pigmentos, podendo atenuar problemas de coloração em frutas e hortaliças. Para a uva de mesa ‘BRS Melodia’, a reduzida síntese de antocianinas e a desuniformidade de coloração no cacho representam uma limitação comercial. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar a ação do MeJA no incremento e estabilidade do teor das antocianinas, bem como na conservação pós-colheita da uva ‘BRS Melodia’, durante ciclos sucessivos de produção no Submédio do Vale do São Francisco. O estudo foi conduzido em dois ciclos de produção do ano de 2022. No primeiro, foram realizadas três aplicações de 0, 10, 20, 30 e 40 mM de MeJA. No segundo, as doses foram ajustadas para 0, 5, 10, 15 e 20 mM de MeJA, em única aplicação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados que apresentaram distribuição normal foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos foram significativos, à análise de regressão. As condições ambientais entre os ciclos de produção determinaram qualidade distinta e respostas específicas ao MeJA. No primeiro ciclo de produção, as doses aplicadas mostraram respostas equivalentes, ao longo do armazenamento, na maioria dos atributos de qualidade, em particular aqueles indicativos de coloração rosada a vermelha. Distinguíram-se efeitos no momento da colheita, quando a dose 20 mM promoveu o maior incremento no teor de antocianinas e juntamente com a dose 30 mM resultaram em maiores teores de polifenóis extraíveis totais na casca. No segundo ciclo de produção, a dose 20 mM reuniu vantagens como menor perda de massa, maior acúmulo de antocianinas e de polifenóis extraíveis totais na baga, além de predomínio de alta atividade antioxidante da casca pelo método ABTS. O uso de MeJA mostrou ser uma alternativa promissora para manter a qualidade da uva durante o armazenamento.

Palavras-chaves: antocianinas; elicitor vegetal; metabolismo secundário; tratamento pré-colheita; uvas híbridas.

ABSTRACT

Methyl jasmonate (MeJA) acts in various physiological processes, including pigment synthesis, and can mitigate coloration issues in fruits and vegetables. For the 'BRS Melodia' table grape, the reduced synthesis of anthocyanins and the uneven coloration of the bunch represent a commercial limitation. The aim of this research was to characterize the action of MeJA in increasing and stabilizing the anthocyanins content, as well as in the post-harvest conservation of 'BRS Melodia' grapes during successive production cycles in the Submiddle region of the São Francisco Valley. The study was carried out over two production cycles in the year 2022. In the first one, three applications were performed of 0, 10, 20, 30, and 40 mM of MeJA. In the second, the doses were adjusted to 0, 5, 10, 15, and 20 mM of MeJA in a single application. The experimental design was completely randomized. Data showing a normal distribution were subjected to analysis of variance and, when the effects were significant, to the regression analysis. The environment conditions between production cycles determined distinct quality and specific responses to MeJA. In the first production cycle, the applied doses showed equivalent responses throughout storage time for the major quality attributes, particularly that one that are indicatives of pink to red coloration. It was distinguished the effects on harvest time, when the 20 mM dose promoted a higher increase on anthocyanins content and jointly with the 30 mM dose resulted on higher total extractable polyphenols content on skin. In the second production cycle, the dose 20 mM added advantages as lower weight loss, higher accumulation of anthocyanins and total extractable polyphenols content on berry, besides a predominant antioxidant activity on skin determined by ABTS method. The use of MeJA proved to be a promising alternative for maintaining grape quality during storage.

Keywords: anthocyanins; plant elicitor; secondary metabolism; pre-harvest treatment; hybrid grapes.

¹ Artigo a ser submetido à revista Scientia Agrícola

3.1 INTRODUÇÃO

As uvas de mesa, especialmente as tintas, são ricas em compostos fenólicos, como flavonoides, a exemplo das antocianinas, estilbenos, ácidos fenólicos, entre outros, resultando em alta atividade antioxidante (CRESPO et al., 2024). Os compostos citados estão associados a muitos benefícios à saúde, como atividade anticarcinogênica, propriedades anti-inflamatórias, antidiabéticas e efeitos cardioprotetores (MINICH, 2019; WANG et al., 2021a). Porém, os teores e compostos predominantes variam conforme a cultivar e as condições de cultivo, incluindo ambientais (COSTA et al., 2020).

No Brasil, a principal região produtora de uvas de mesa está localizada do Submédio do Vale do São Francisco, numa área de clima semiárido quente e seco, onde a produção é viabilizada pelo uso da irrigação e tecnologias de manejo (IBGE, 2022). Nessa região, os produtores têm investido na diversificação da base genética, inserindo novas cultivares que possuem características que atendam às necessidades e interesses dos consumidores, além de alto desempenho produtivo sob o manejo praticado.

A cultivar para mesa BRS Melodia foi lançada em 2019 pelo programa de melhoramento genético da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Tendo bagas de cor vermelha, sem sementes, com formato elíptico largo, pequenas, textura firme, sabor caracterizado como uma mistura de frutas vermelhas (*tutti-frutti*) e sem manchas (RITSCHHEL et al., 2021), tendo atributos para competir com cultivares disponíveis no mercado. Entretanto, ainda demanda ajustes no sistema de produção sob condições de clima quente e seco, particularmente no que se refere à coloração desuniforme nas bagas dos cachos. Esta característica restringe a aceitação do consumidor, pois a coloração do cacho é um atributo de qualidade importante para as uvas.

Entre os fatores que influenciam a síntese de pigmentos, os reguladores vegetais têm ação relevante. São moléculas ativas, produzidas pelas células vegetais e que regulam respostas fisiológicas, sob baixas concentrações (XIANG et al., 2020; ZHAO et al., 2021). No Submédio do Vale do São Francisco, o etileno é o regulador vegetal utilizado em tratamento pré-colheita para induzir a síntese das antocianinas. Entretanto, sua aplicação em doses elevadas pode tornar a coloração da baga mais escura que o desejado, além de acelerar o amadurecimento e desgrane (WANG et al., 2022).

Dentre os reguladores vegetais, o ácido jasmônico e seu derivado volátil o metil jasmonato (MeJA) atuam na regulação de vários processos fisiológicos, como respostas a estresses abióticos e bióticos (HO et al., 2020). Atuam especialmente sobre a via dos

fenilpropanóides (ASGHARI, 2019), aumentando a expressão de genes que codificam enzimas-chave envolvidas no acúmulo das antocianinas e outros compostos fenólicos, como a fenilalanina amônia liase (*PAL*), chalcona sintase (*CHS*) e chalcona isomerase (*CHI*) (HO et al., 2020).

Garcia-Pastor et al. (2019) esclareceram que tratamentos pré-colheita com MeJA em uvas de mesa ‘Magenta’ e ‘Crimson’, na região de Alicante (Espanha), favoreceram o incremento das antocianinas. Essa resposta foi confirmada por Nakajima et al. (2021), em uvas ‘Aki Queen’ e ‘Pione’ cultivadas em Fujimoto (Japão), reportando o acúmulo das antocianinas nas cascas e a melhoria da uniformidade da coloração do cacho. Por outro lado, não há informações disponíveis na literatura sobre a aplicação do MeJA para induzir a coloração de uva, em condições de clima tropical.

Esta pesquisa tem como objetivo caracterizar a ação do MeJA no incremento e estabilidade do teor de antocianinas, bem como na conservação pós-colheita da uva ‘BRS Melodia’, durante ciclos sucessivos de produção no Submédio do Vale do São Francisco.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização dos experimentos

O estudo foi realizado com videiras da cultivar BRS Melodia, enxertadas no porta-enxerto ‘IAC 572’, com 2 anos de idade e conduzidas no sistema latada, em espaçamento 2,5 x 4 m, durante duas safras do ano de 2022, sendo: ciclo de produção 1, de 14 de abril (poda) a 20 de julho (colheita); e ciclo de produção 2, de 16 de setembro (poda) a 21 de dezembro (colheita). O parreiral está localizado em área de produção comercial, na fazenda Madre Terra, no município de Petrolina, estado de Pernambuco, Brasil.

Os tratos culturais adotados no manejo das videiras seguiram as recomendações para uva de mesa na região. Os dados meteorológicos do período de condução do estudo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados meteorológicos médios semanais, referentes aos dois ciclos produtivos (primeiro e segundo semestre) do ano de 2022, desde a aplicação do metil jasmonato até a colheita da videira ‘BRS Melodia’.

Período	T (°C)			UR (%)	Rad. (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	Vv (m.s ⁻¹)	Precip. (mm)	ET0 (mm.dia ⁻¹)
	Máx.	Med.	Mín.					
Médias semanais de 22 junho a 20 julho de 2022								
22 a 28/06	30,4	23,6	18,8	85,7	14,8	0,8	0	2,9
29 a 06/07	30,1	23,7	17,8	80,9	14,5	1,0	0	3,1
07 a 14/07	30,1	23,6	18,9	82,9	16,0	1,2	0	3,2
15 a 20/07	30,4	23,1	16,2	81,8	15,8	0,8	0	3,2
Média	30,3	23,5	17,9	82,8	15,3	0,9	0	3,1
Medias semanais de 21 novembro a 21 dezembro de 2022								
21 a 28/11	32,7	26,6	22,1	89,1	21,0	0,5	0	4,3
29 a 06/12	30,3	24,8	21,9	96,1	18,1	0,5	2,0	3,6
07 a 14/12	33,5	26,7	21,0	91,9	24,8	0,4	0	4,9
15 a 21/12	33,4	26,7	21,6	79,4	24,6	0,4	0	4,6
Média	32,5	26,2	21,6	89,1	22,1	0,4	0,5	4,3

T. Méd. = Temperatura média; T. Máx. = Temperatura máxima; T. Mín. = Temperatura mínima; UR = Umidade relativa do ar; Rad. = Radiação solar global; Vv = Velocidade do vento à altura de 2,0 m; Precip. = Precipitação pluviométrica acumulada mensal; ET0 = Evapotranspiração de referência. Fonte: Estação Agrometeorológica da Fazenda Vale das Uvas, Petrolina, PE (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2022). Dados em negrito correspondem aos das semanas em que foram realizadas as aplicações do MeJA.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições com duas plantas úteis na parcela. De cada parcela, foram colhidos 21 cachos.

Foram estudadas as respostas das uvas a aplicações de doses de MeJA por pulverização dirigida aos cachos e o tempo de armazenamento sob refrigeração seguido de condições ambiente. As doses do MeJA e a quantidade de aplicações estudadas foram definidas inicialmente de acordo com os estudos realizados por Sahoo et al. (2020) e Wang et al. (2022) em cultivares de uvas em outras regiões.

As soluções foram aplicadas com pulverizador costal elétrico e continham água

destilada, Tween 80 (monooleato de sorbitan etoxilado 20 EO ou polisorbato 80) a 0,01% e MeJA (ácido 3-Oxo-2-(2-pentenil) ciclopentano acético ou metil éster metil 3-oxo-2-(2-pentenil) ciclopentano acetato - Sigma-Aldrich), para ambos os ciclos. Os tratamentos foram aplicados durante o período da manhã no intervalo de 07:30 h às 9:00 h.

No primeiro ciclo de produção, foram realizadas três aplicações nas doses 0, 10, 20, 30 e 40 mM de MeJA, com intervalos de sete dias. As pulverizações foram realizadas no início da mudança de coloração das uvas, que ocorreu aos 69 dias após a poda, em 22 de junho, e nos dias 29 de junho e 07 de julho de 2022. A colheita foi realizada em 20 de julho de 2022, decorrendo 28 dias desde a primeira aplicação do MeJA.

No segundo ciclo de produção, houve ajuste de doses, pois as menores mostraram respostas positivas em relação a pigmentação das bagas e estabilidade da conservação no primeiro ciclo. Foram aplicadas as doses 0, 5, 10, 15 e 20 mM de MeJA, em única aplicação, uma vez que na data da aplicação a coloração das uvas estava evoluindo. A pulverização foi realizada no início da mudança de coloração das uvas, aos 66 dias após a poda, registrada em 21 de novembro. A colheita ocorreu no dia 21 de dezembro de 2022. Nesse ciclo de produção, desde a aplicação do MeJA até a colheita transcorreram 30 dias. Em ambos os ciclos, os tratamentos foram aplicados nas mesmas plantas.

A colheita ocorreu quando as uvas atingiram a maturidade comercial: teor de sólidos solúveis no intervalo de 17-18°Brix e acidez titulável entre 0,6-0,8 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹. Após a colheita, as uvas foram transportadas em caixas plásticas forradas para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, onde os cachos foram limpos, selecionados, embalados em sacos de polietileno perfurados, que, por sua vez, foram colocados dentro de bolsões perfurados e, em seguida, acondicionados em caixas de papelão ondulado e levados para armazenamento em câmara fria. No primeiro ciclo de produção, o armazenamento se deu sob temperatura de $0,8 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\%$ de umidade relativa (UR), durante 35 dias, após essa data foram transferidos para câmara climatizada com temperatura de $24,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\%$ UR até o 37° dia.

No segundo ciclo de produção, as condições de armazenamento foram $0,7 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\%$ UR, durante 35 dias, após essa data foram transferidos para câmara climatizada com temperatura de $24,2 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\%$ UR a partir daí e até o 37° dia. Em ambos os ciclos de produção, as uvas foram avaliadas aos 0, 14, 21, 28, 35, 36 e 37 dias de armazenamento.

3.2.2 Variáveis analisadas

3.2.2.1 Atributos de coloração visual durante o período pré-colheita

A coloração do cacho, durante o período de aplicação do MeJA nas uvas, foi avaliada, visando caracterizar a evolução ainda em campo. As variáveis utilizadas para avaliar esta evolução foram: porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha (notas: 1 a 7), coloração predominante no cacho (notas: 1 a 5) e uniformidade de cor na baga (notas: 1 a 3), utilizando-se escala de notas, conforme Tabela 2. No ciclo de produção 1, foram realizadas três avaliações da coloração dos cachos em campo, nas datas de 22 de junho, 29 de junho e 7 de julho de 2022. No ciclo de produção 2, foram duas avaliações, sendo realizadas em 21 e 29 de novembro de 2022.

Tabela 2 - Escalas de notas adotadas para avaliação de atributos de qualidade relativos à aparência das bagas e dos cachos.

Variável	Escala de notas	Fonte
Turgidez do engajo	1 - Mais de 40% do engajo desidratado 2 - Desidratação do pedicelo e de 11 a 40% da ráquis 3 - Desidratação do pedicelo e de até 10% da ráquis (reduz a preferência do consumidor) 4 - Desidratação do pedicelo e/ou da região superior da ráquis 5 - Engajo túrgido	Adaptada de Lima et al. (2004)
Ocorrência de murcha da baga	1 – Sinais de murcha em mais de 25% das bagas 2 – Sinais de murcha em 11 a 25% das bagas 3 – Sinais de murcha em 5 a 10% das bagas (aceitável para comercialização) 4 – Sinais de murcha atingindo até 5% das bagas 5 - Bagas totalmente túrgidas	Adaptada de Lima et al. (2004)
Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha	1 - 0 a 20% 2 - 21 a 35% 3 - 36 a 50% 4 - 51 a 65% 5 - 66 a 80% 6 - 81 a 90% 7 - 91 a 100%	
Uniformidade de cor na baga	1 - Uniforme 2 – Mais da metade da área colorida 3 - Metade da área colorida e entorno do pedicelo descolorido	
Coloração predominante do cacho	1- Verde 2- Rosado 3- Vermelho 4- Vermelho intenso 5- Preto	

3.2.2.2 Atributos de aparência durante o armazenamento

Durante o período de armazenamento, aos 0, 14, 21, 28, 35, 36 e 37 dias, foram realizadas as análises de aparência do cacho, contemplando a ocorrência de murcha da baga e a turgidez do engaço, ambas utilizando escala de nota de 1 a 5, conforme proposto por Lima et al. (2004) e descrito na Tabela 2. Também foram avaliadas a porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha (notas: 1 a 7), a coloração predominante no cacho (notas: 1 a 5) e a distribuição da coloração na baga (notas: 1 a 3), como nas avaliações em campo (Tabela 2).

3.2.2.3 Atributos físico-químicos durante o armazenamento

Os parâmetros físico-químicos foram avaliados aos 0, 14, 21, 28, 35, 36 e 37 dias de armazenamento. A perda de massa do cacho (%) foi determinada por pesagem de três cachos em balança semi-analítica (Acculab) e foi calculada pela diferença entre a massa inicial e final. O desgrane (%) foi calculado pela relação entre a massa do total de bagas desgranadas e a diferença entre a massa do cacho e a do engaço. A firmeza da baga (N) foi determinada em 10 bagas retiradas dos três cachos, utilizando um texturômetro eletrônico modelo TA.XT.Plus (Extralab®, São Paulo, Brasil).

A cor foi determinada pelo método CIELab, utilizando colorímetro digital (Konika Minolta, modelo CR-400), em 10 bagas da parcela, sendo os resultados expressos pelos atributos L* (luminosidade – 0 a 100, preto/branca), a* (-verde/+vermelho) e b* (-azul/+amarelo). O Color Index for Red Grapes (CIRG) é um índice que utiliza os valores obtidos por meio dos componentes da cor obtidos em colorímetro - CIELab, segundo proposto por Carreño et al. (1995), substituindo-se na seguinte equação:

$$\text{CIRG} = (180 - H)/(L + C)$$
, em que H é o ângulo de cor ou Hue, obtido diretamente em colorímetro, ou calculado a partir dos valores a* e b* pela relação $H = \tan^{-1}(b^*/a^*)$; L corresponde à luminosidade; e C é o croma, obtido por leitura direta em colorímetro ou por meio da soma de quadrados $C = a^{*2} + b^{*2}$.

O teor de sólidos solúveis (SS - °Brix) foi obtido por meio da leitura direta do suco em refratômetro digital (ATAGO, Digital Pocket Refractometer, modelo PAL⁻¹) (AOAC, 2010). A acidez titulável (AT - g ácido tartárico 100 mL⁻¹) foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 N até a neutralização (AOAC, 2010).

3.2.2.4 Compostos bioativos e atividade antioxidante

As análises de compostos bioativos e atividade antioxidante foram realizadas aos 0, 21,

28, 35 e 37 dias de armazenamento. Os teores de flavonoides amarelos (FLA - mg 100 g⁻¹) e antocianinas (ANT - mg 100 g⁻¹) foram quantificados em extratos da casca das bagas, seguindo a metodologia descrita por Francis (1982).

Os extratos para determinação do teor de polifenóis extraíveis totais (PET) e da atividade antioxidante foram obtidos em amostras de casca moída e de polpa e casca macerada conjuntamente, para ambos os ciclos, em soluções de metanol 50% e acetona 70%. Os teores de PET (mg ácido gálico 100 g⁻¹) foram quantificados utilizando o reagente Folin Ciocalteau (LARRAURI et al., 1997).

A atividade antioxidante foi determinada nos mesmos extratos obtidos para quantificação do teor de PET, segundo Larrauri et al. (1997), e utilizando-se os métodos de captura dos radicais livres: i. 2,2'-azino-bis 3-etilbenzeno-tiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS⁺), expresso em $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$, segundo a metodologia descrita por Miller et al. (1993), e ii. 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), expresso em % de inibição, seguindo a metodologia recomendada por Sanchez-Moreno et al. (1998).

3.2.3 Desenho experimental e análises estatísticas

Os ciclos de produção foram analisados separadamente. Os dados da coloração dos cachos ainda em campo foram avaliados quanto ao efeito das doses para cada data de avaliação de cada ciclo de produção. Para o estudo das respostas sobre as variáveis de aparência e físico-químicas durante o armazenamento das uvas, adotou-se esquema fatorial 5 x 7 (dose de MeJA x tempo de armazenamento). A avaliação dos efeitos dos tratamentos sobre o teor de compostos bioativos e a atividade antioxidante foi realizada em esquema fatorial 5 x 5 (dose de MeJA x tempo de armazenamento).

Os dados foram avaliados quanto à distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk, utilizando o programa R, versão 4.3.1. Os dados com pressuposto de normalidade foram submetidos à análise de variância. Para comparar os efeitos significativos do MeJA sobre as variáveis de coloração visual das uvas em campo, adotou-se o teste de Duncan ($p < 0,05$).

Quando os efeitos isolados dos fatores ou da sua interação foram significativos para as variáveis físico-químicas, de compostos bioativos e atividade antioxidante, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial, utilizando o programa R, versão 4.3.1. Foram aceitas equações polinomiais de até 3º grau. Além disso, foram considerados os coeficientes de determinação acima de 70% e a significância dos parâmetros de regressão, conforme teste t.

Os dados que não apresentaram distribuição normal foram testados após transformações

coerentes com as características da variável. A partir deste critério, os dados das variáveis teor de polifenóis extraíveis totais determinados na casca e na baga, avaliadas no primeiro ciclo de produção, foram transformados em $\log x$ e $\ln x$, respectivamente, para assegurar distribuição normal. Por sua vez, os dados que, mesmo após transformação, não apresentaram distribuição normal, foram representados por meio de médias e desvios-padrões, com nível de confiança de 95%.

3.3 RESULTADOS

Na data de realização da primeira aplicação do MeJA no ciclo de produção 1, em 22 de junho, a coloração predominante nas bagas dos cachos de todos os tratamentos foi verde, representando a fase em que apenas poucas bagas em toda a área estavam com sinais de mudança de cor (Tabela 3). As variáveis porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha e uniformidade de cor na baga não apresentaram distribuição normal, observando-se valores médios equivalentes. Na data da segunda aplicação, a coloração predominante era o verde, para todos os tratamentos, enquanto a porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha da amostra controle não atingiu 36% e nos cachos tratados com MeJA foi de 51 a 65%. Os valores médios para uniformidade de cor da baga indicaram que, na segunda aplicação, a evolução da coloração ainda estava similar em todos os tratamentos (Tabela 3). Na data da terceira aplicação, a coloração predominante nos cachos tratados com MeJA era vermelho e a porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha, para todas as doses, foi superior a 66% (Tabela 4). Por sua vez, no controle, as bagas eram rosadas e a uniformidade de cor da baga não atingiu os percentuais daqueles que receberam MeJA.

Tabela 3 - Mudanças na coloração das bagas e do conjunto do cacho de uva ‘BRS Melodia’ em fases da maturação, avaliadas por escala de notas, sob influência da aplicação de MeJA, durante o ciclo de produção do primeiro semestre (14 de abril a 20 de julho) de 2022.

Dose de MeJA	0 mM	10 mM	20 mM	30 mM	40 mM
22 de junho (início da maturação)					
Coloração predominante do cacho	1,3 ns	1,5 ns	1,1 ns	1,2 ns	1,2 ns
Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelho	1,8±0,7	1,2±0,2	1,0±0,1	1,1±0,1	1,1±0,1
Uniformidade de cor da baga	2,0±0,0	2,0±0,0	2,0±0,0	2,0±0,0	2,0±0,0
29 de junho					
Coloração predominante do cacho	1,7 ns	1,8 ns	1,8 ns	1,8 ns	1,7 ns
Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha	2,4 b	4,7 a	4,6 a	4,0 a	4,2 a
Uniformidade de cor da baga	2±0,0	2±0,0	2±0,0	2±0,0	2±0,0
07 de julho					
Coloração predominante do cacho	2,2 b	3,5 a	3,1 a	3,2 a	3,4 a
Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha	4,3 c	5,8 ab	5,4 ab	5,2 b	5,9 a
Uniformidade de cor da baga	2,0 ns	2,0 ns	1,9 ns	1,6 ns	1,7 ns

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); ns= não significativo. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram representados por média \pm desvio padrão. Coloração predominante do cacho - escala de notas: 1- Verde; 2- Rosado; 3- Vermelho; 4- Vermelho intenso; 5- Preto.

Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha – escala de notas: 1 - 0 a 20%; 2 - 21 a 35%; 3 - 36 a 50%; 4 - 51 a 65%; 5 - 66 a 80%; 6 - 81 a 90%; 7 - 91 a 100%.

Uniformidade de cor da baga– escala de notas: 1 – Uniforme; 2 – Mais da metade da área colorida; 3 - Metade da área colorida e entorno do pedúnculo descolorido.

No ciclo de produção 2, no momento da primeira aplicação do MeJA, a coloração predominante era verde (Tabela 4). Da mesma forma, a porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha e a uniformidade de cor da baga mostraram valores médios similares em todos os tratamentos, indicando que os cachos estavam em fase inicial da mudança de cor (Tabela 4). Após sete dias da aplicação, a coloração não apresentou diferenças significativas, entretanto os cachos do controle estavam com nota correspondente a 21 a 35% com coloração rosada/vermelha enquanto aqueles tratados com as doses de MeJA apresentavam porcentagem acima de 51%, mas com uniformidade de cor da baga equivalente à do controle (Tabela 4).

Tabela 4 - Mudanças na coloração das bagas e do conjunto do cacho de uva ‘BRS Melodia’ em fases da maturação, avaliadas por escala de notas, sob influência da aplicação de MeJA, durante o ciclo de produção do segundo semestre (16 de setembro a 21 de dezembro) de 2022.

Dose de MeJA	0 mM	5 mM	10 mM	15 mM	20 mM
21 de novembro (início da maturação)					
Coloração predominante do cacho	1,3 ns	1,5 ns	1,1 ns	1,2 ns	1,2 ns
Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha	1,8±0,2	1,2±0,2	1,1±0,1	1,1±0,2	1,1±0,1
Uniformidade de cor da baga	2,0±0,0	2,0±0,0	2,0±0,0	2,0±0,0	2,0±0,0
29 de novembro					
Coloração predominante do cacho	1,4 ns	1,8 ns	1,8 ns	1,8 ns	1,7 ns
Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha	2,0 b	4,4 a	4,6 a	4,0 a	4,2 a
Uniformidade de cor da baga	2,0±0,0	1,8±0,3	1,7±0,4	2,0±0,0	2,0±0,0

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$); ns= não significativo. Os dados que não apresentaram distribuição normal foram representados por média \pm desvio padrão.

Coloração predominante do cacho - escala de notas: 1- Verde; 2- Rosado; 3- Vermelho; 4- Vermelho intenso; 5- Preto.

Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha – escala de notas: 1 - 0 a 20%; 2 - 21 a 35%; 3 - 36 a 50%; 4 - 51 a 65%; 5 - 66 a 80%; 6 - 81 a 90%; 7 - 91 a 100%.

Uniformidade de cor da baga– escala de notas: 1 – Uniforme; 2 – Mais da metade da área colorida; 3 - Metade da área colorida e entorno do pedúnculo descolorido.

Em ambos os ciclos de produção, a perda de massa durante o armazenamento foi maior nos cachos do controle no último dia de armazenamento (Figura 1A). No ciclo de produção 1, as uvas tratadas nas doses de 20 e 30 mM de MeJA possibilitaram menores perdas de massa ao longo do armazenamento. Os valores observados nos cachos que receberam a dose de 20 mM de MeJA foram 59,5% menores que no controle, ao 37º dia (Figura 1A).

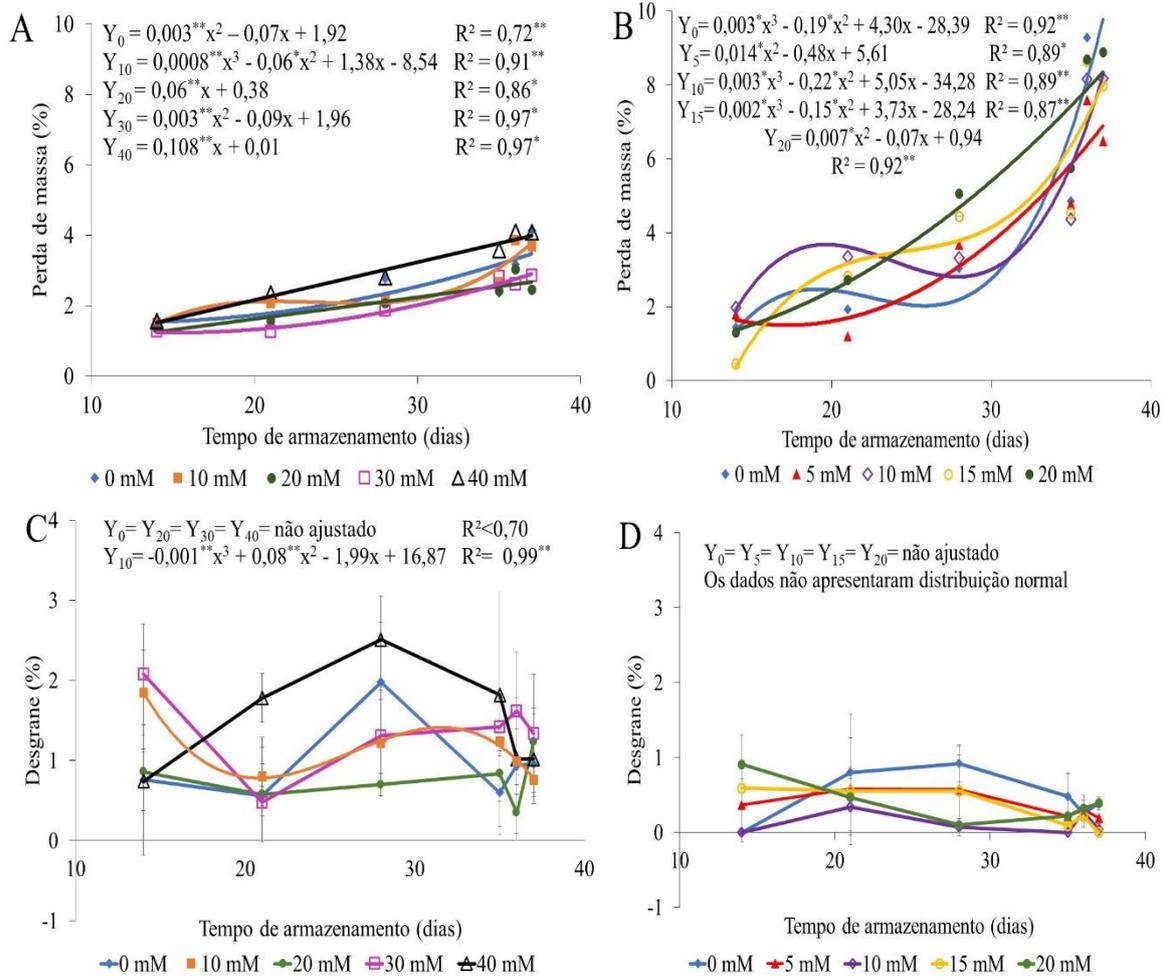


Figura 1 - Perda de massa (A e B) e desgrane (C e D) de uvas 'BRS Melodia' sob influ\~{e}ncia de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produ\~{c}\~{a}o. Em A e C, est\~{a}o representados os valores observados no primeiro ciclo de produ\~{c}\~{a}o (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, est\~{a}o os dados do segundo ciclo de produ\~{c}\~{a}o (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em C e D, os dados foram representados por suas m\~{e}dias e desvios-padr\~{o}es. * e **Signific\~{a}ncia estat\~{i}stica a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente, pelo teste t.

No ciclo de produ\~{c}\~{a}o 2, a perda de massa foi maior que no primeiro, em particular nos cachos do tratamento controle a partir da mudan\~{c}a da refrigera\~{c}\~{a}o para condi\~{c}\~{a}o ambiente. Essa transfer\~{e}ncia dos frutos, aos 35 dias, favoreceu a perda de massa dos cachos de forma mais intensa no ciclo de produ\~{c}\~{a}o 2, provavelmente devido \~{a}s condi\~{c}\~{o}es clim\~{a}ticas neste ciclo (Tabela 1). Especialmente a temperatura e a radia\~{c}\~{a}o solar global foram maiores que no ciclo de produ\~{c}\~{a}o 1. Os valores de temperatura m\~{a}xima foram, em m\~{e}dia, $2,2^\circ\text{C}$ superiores no ciclo de produ\~{c}\~{a}o 2. As diferen\~{c}as em rela\~{c}\~{a}o a temperaturas m\~{e}dias e m\~{i}nimas, foram de $2,7$ e $3,7^\circ\text{C}$, respectivamente. Ainda, a evapotranspira\~{c}\~{a}o de refer\~{e}ncia foi, em m\~{e}dia, 39% maior.

As condi\~{c}\~{o}es predominantes no ciclo de produ\~{c}\~{a}o 2 podem ter proporcionado estresse na planta e nos cachos, que repercutiram em maior perda de massa. Durante os 35 dias de

armazenamento em condições de temperatura baixa, a perda de massa foi menor. Porém, quando as uvas foram submetidas a temperatura média de armazenamento de 24,2°C, a perda de massa aumentou a maiores taxas, especialmente no controle

Outra condição que pode ter influenciado a maior perda de massa no ciclo de produção 2, foram as doses menores do MeJA. Os tratamentos correspondentes às doses 5, 10 e 15 mM propiciaram, ao longo de todo o período, redução da perda de massa dos cachos, especialmente o primeiro que possibilitou, ao 37º dia, redução de 35,3% em relação à observada no controle (Figura 1B). O efeito de redução da perda de massa pela aplicação de MeJA, especialmente na transferência da refrigeração para a condição ambiente, é importante para prolongar a vida útil pós-colheita em uvas de mesa.

Durante os dois ciclos de produção, observou-se certa aleatoriedade nos valores de desgrane, de forma que não se pode estabelecer uma resposta que seja associada ao tempo de armazenamento ou às dosagens de MeJA aplicadas (Figuras 1C e 1D). Outros fatores podem estar relacionados ao desgrane, como perda de massa e a turgidez do engaço.

A firmeza dos frutos é um importante indicador da maturação e da qualidade durante o armazenamento. Em ambos os ciclos de produção 1, as uvas do controle foram menos firmes que as tratadas com MeJA (Figura 2). No ciclo de produção 1, ao 37º. dia de armazenamento, as uvas tratadas com a dose 40 mM de MeJA caracterizaram-se pela maior firmeza (5,7 N, em média), enquanto no controle o valor médio foi de 4,3 N.

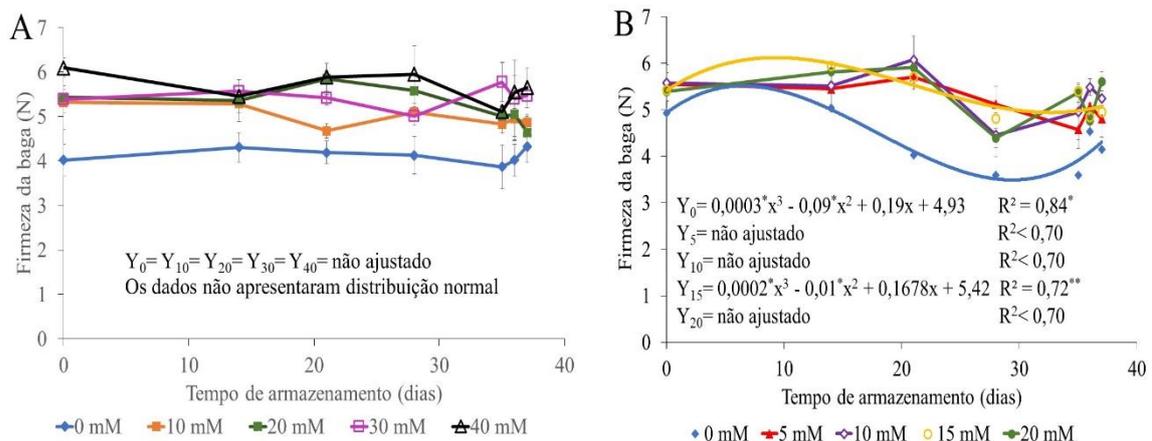


Figura 2 - Firmeza da baga de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a 0,8±1°C e 85±1%UR, durante 35 dias e seguido de 24,3±0,8°C e 81±1%UR por mais dois dias. Em B, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a 0,7±1°C e 85±1%UR, durante 35 dias, e seguido de 24,2±0,6°C e 81±1%UR por mais dois dias. Os dados que não apresentaram distribuição normal ou não tiveram equação polinomial com coeficiente de determinação mínimo de 0,70 foram representados por suas médias e desvios-padrões. * e **Significância estatística a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente, pelo teste t.

No ciclo de produção 2, essa resposta foi mantida e as uvas tratadas com MeJA, mantiveram-se mais firmes até o 37º. dia de armazenamento (Figura 2B). A firmeza dos frutos do controle foi de 4,2 N enquanto nos frutos tratados com a dose de 20 mM de MeJA os valores médios observados foram de 5,6 N. Os valores médios são indicativos de que as uvas tratadas com MeJA têm potencial para maior período de armazenamento do que o avaliado, em ambos os ciclos de produção.

Os atributos de aparência do cacho, como turgidez do engaço e ocorrência de murcha das bagas, também são importantes no momento da compra pelo consumidor. Com base na escala de notas adotada, as uvas permanecem em condições de aceitação pelo consumidor no momento da compra quando possuem nota igual ou superior a 3 (Tabela 2). A partir dos valores médios das notas atribuídas aos cachos colhidos no ciclo de produção 1, observou-se que a turgidez do engaço diminuiu ainda durante o armazenamento refrigerado, sendo que até o 21º dia, o engaço mantinha-se com notas acima de 3 em todos os tratamentos (Figura 3A). No ciclo de produção 2, o avanço da desidratação do engaço foi mais rápido em correspondência com a maior perda de massa nos cachos (Figuras 3B e 1B). De acordo com os valores médios observados, a turgidez do engaço diminuiu ainda durante o armazenamento refrigerado, sendo que, até o 21º dia, mantinha-se com notas acima de 3, em uvas tratadas com as doses de 10 e 20 mM de MeJA (Figura 3B).

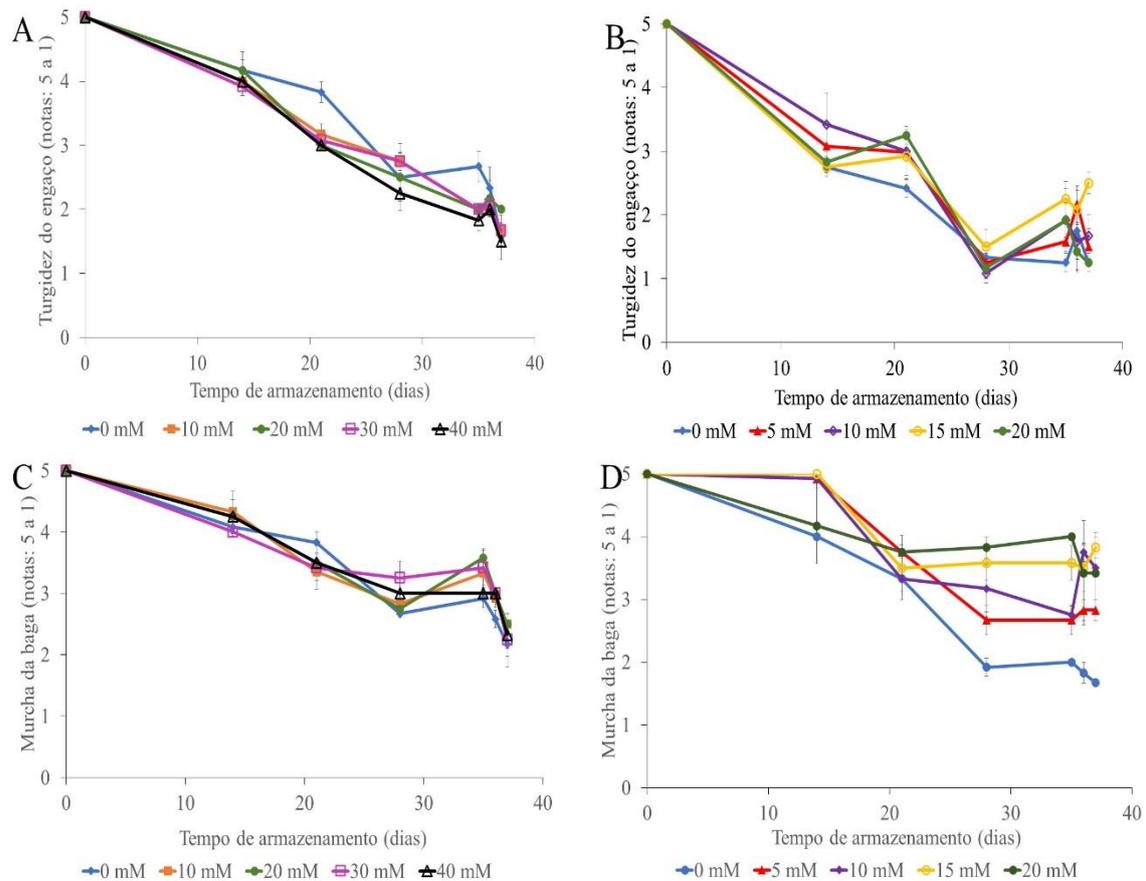


Figura 3 - Turgidez do engaçço (A e B) e ocorrência de sinais de murcha da baga (C e D) em uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados das variáveis não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões.

Turgidez do engaçço: 5 - Engaçço túrgido; 4 - Desidratação do pedicelo e/ou da região superior da ráquis; 3 - Desidratação do pedicelo e de até 10% da ráquis; 2 - Desidratação do pedicelo e de 11 a 40% da ráquis; 1 - Mais de 40% do engaçço desidratado. (Fonte: Lima et al., 2004)

Ocorrência de sinais de murcha da baga: 5 - Bagas totalmente túrgidas; 4 - Sinais de murcha atingindo até 5% das bagas; 3 - Sinais de murcha em 5 a 10% das bagas; 2 - Sinais de murcha em 11 a 25% das bagas; 1 - Sinais de murcha em mais de 25% das bagas. (Fonte: Lima et al., 2004).

A murcha das bagas aumentou durante o armazenamento, sendo, em geral, maior no tratamento controle (Figuras 3C e 3D). No ciclo de produção 1, os valores médios dos tratamentos, ao 36º dia, sinalizaram que as notas atribuídas às uvas tratadas com as doses de 20, 30 e 40 mM de MeJA correspondem à ocorrência de sinais de murcha em mais de 5% e menos de 10% das bagas, o que se considera aceitável para a comercialização.

No ciclo de produção 2, observou-se que, até o 37º dia, as notas atribuídas à ocorrência de sinais de murcha nas bagas tratadas com 10, 15 e 20 mM de MeJA corresponderam a mais de 5% e menos de 10% das bagas (Figura 3D). Esses valores são considerados aceitáveis para

a comercialização. As respostas são coerentes com o observado para a firmeza da baga, principalmente na transferência para 24,2°C, quando as condições simulavam a oferta das uvas nas gôndolas dos supermercados.

Em relação à porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha, durante o ciclo de produção 1, observou-se variação de 0 a 20%, no tratamento controle, e de 66 a 90%, naqueles em que foram aplicados o MeJA, praticamente sem distinção entre doses (Figuras 4A e 5). No ciclo de produção 2, as respostas observadas nos tratamentos com MeJA foram equivalentes (Figuras 4B e 6). Porém, no controle o percentual do cacho com coloração rosada ou vermelha foi maior: 36 a 50%.

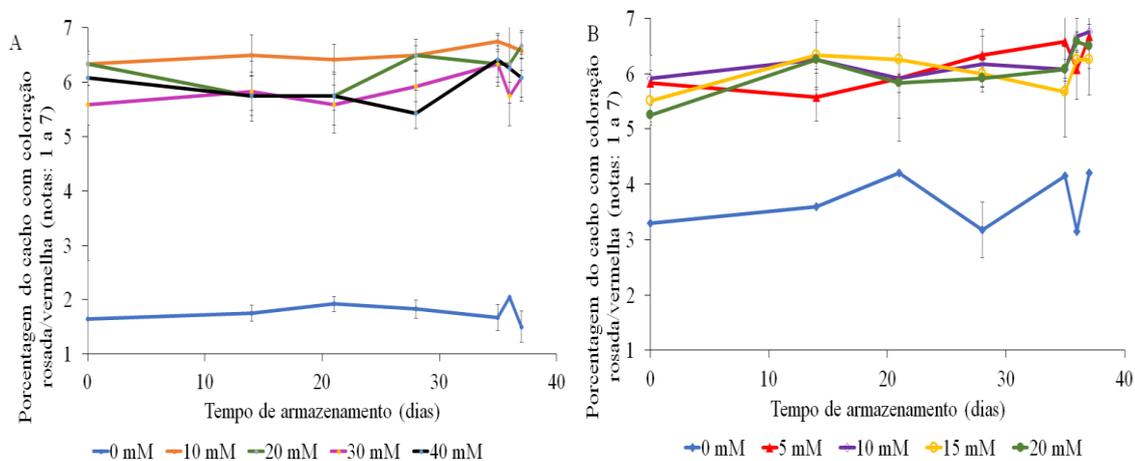


Figura 4 - Porcentagem do cacho com coloração rosada/vermelha em uvas 'BRS Melodia' sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões.

Notas: 1- 0 a 20%; 2- 21 a 35%; 3- 36 a 50%; 4- 51 a 65%; 5- 66 a 80%; 6- 81 a 90%; 7- 91 a 100%.

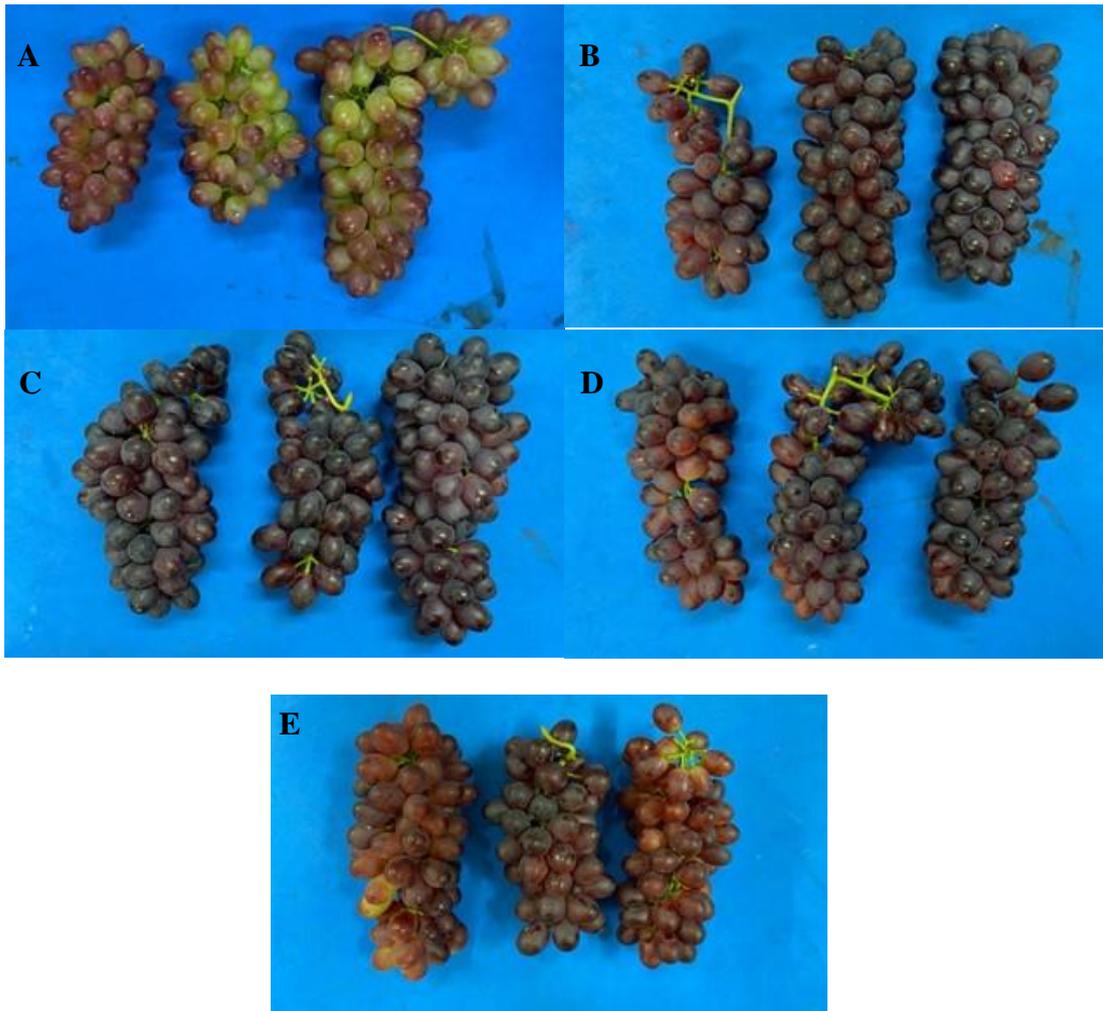


Figura 5 - Cachos de uvas da cultivar BRS Melodia submetidos à aplicação de 0 (controle – A), 10 (B), 20 (C), 30 (D) e 40 mM (E) de metil jasmonato, colhidos no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022) e armazenados a $0,8\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias. Fonte: Próprio autor.

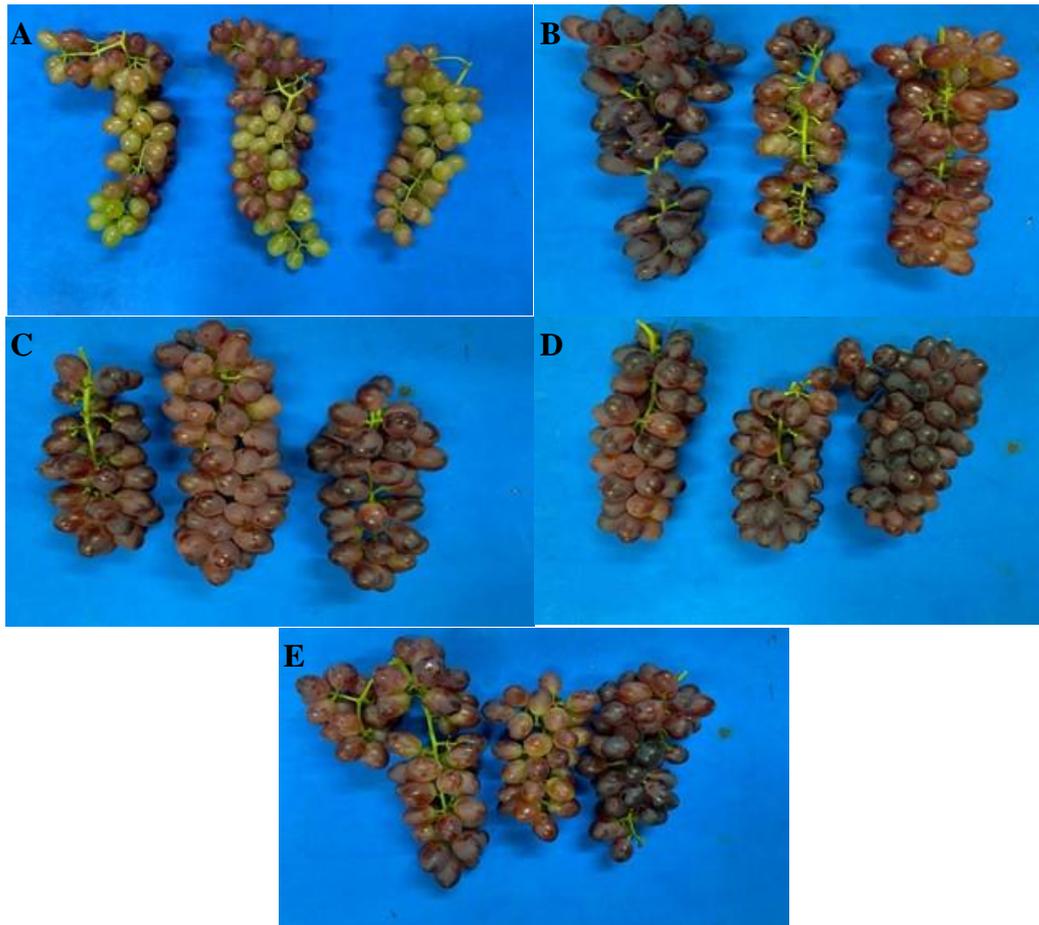


Figura 6 - Cachos de uvas da cultivar BRS Melodia submetidos à aplicação de 0 (controle - A), 5 (B), 10 (C), 15 (D) e 20 mM (E) de metil jasmonato, colhidos no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022) e armazenados a $0,7\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85\pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e $81\pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Fonte: Próprio autor.

A coloração predominante nos cachos do controle foi o verde, no ciclo de produção 1, enquanto os tratamentos com MeJA promoveram coloração que variou do vermelho ao vermelho intenso ao longo do armazenamento (Figuras 5 e 7A). No ciclo de produção 2, as uvas do controle apresentaram coloração predominante que variou do verde ao rosado (Figuras 6 e 7B). Por sua vez, a coloração predominante nas uvas que foram tratadas com MeJA variou do vermelho ao vermelho intenso, destacando o efeito dos tratamentos, com poucas variações ao longo do tempo de armazenamento.

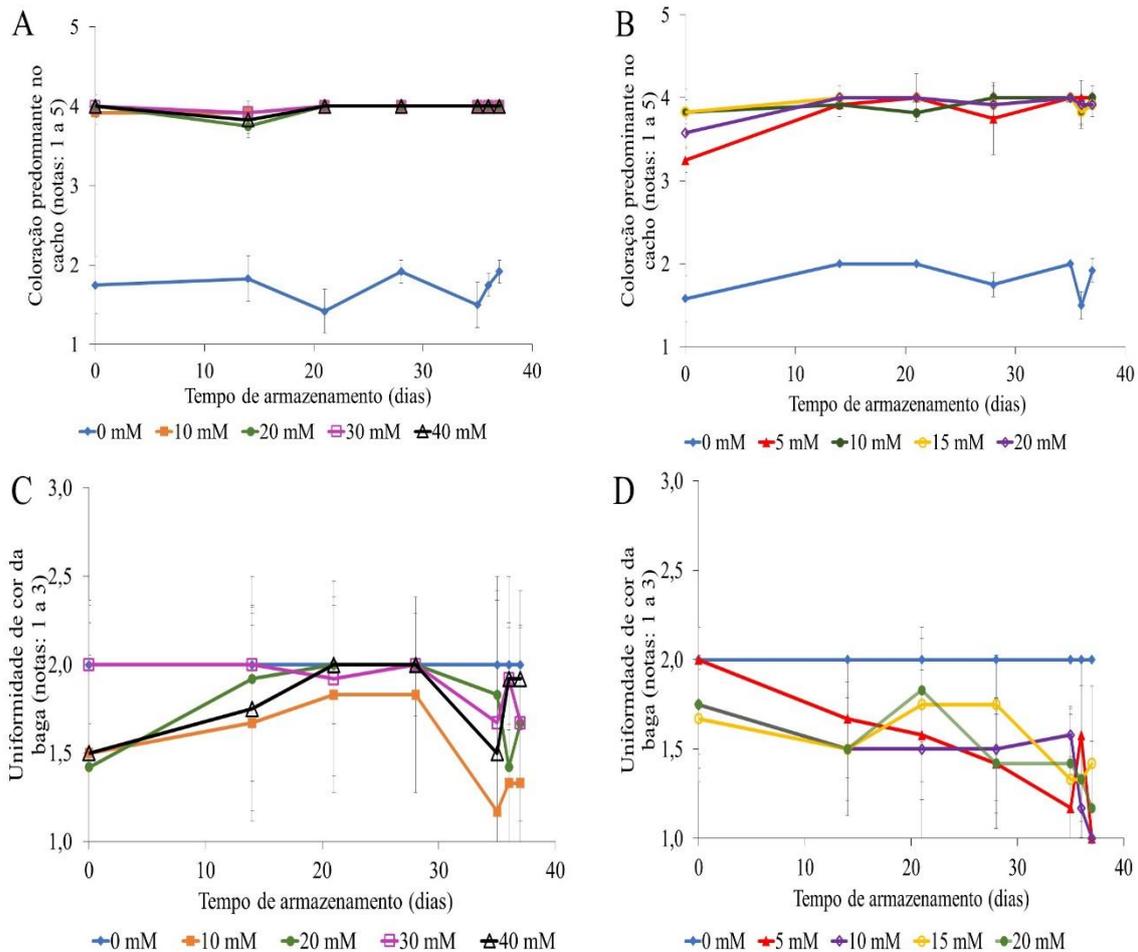


Figura 7 - Coloração predominante no cacho (A e B) e uniformidade de cor da baga (C e D) em uvas 'BRS Melodia' sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões.

Coloração predominante do cacho (notas): 1- Verde; 2- Rosado; 3- Vermelho; 4- Vermelho intenso; 5- Preto.
Uniformidade de cor na baga (notas): 1- Uniforme; 2- Metade da área colorido; 3- Metade da área colorida com pedúnculo descolorido.

Quando se avaliou a uniformidade de cor na baga nos ciclos de produção 1 e 2, os resultados indicaram que as bagas do controle se mostraram com metade da área colorida e pedúnculo descolorido (Figuras 5, 6, 7C e 7D). Os cachos das uvas tratadas com MeJA apresentaram valores médios que correspondem à metade da área colorida e tendência à uniformidade de cor da baga, mas com variação ao longo do armazenamento. Entre as doses testadas, 10 mM tendeu a valores médios mais próximos da nota 1,0, em ambos os ciclos de produção.

No presente estudo, observou-se que os valores médios de luminosidade (L^*) da casca

das uvas do controle colhidas em ambos os ciclos de produção 1 foram maiores que nas uvas tratadas com MeJA, indicando maior brilho (Figura 8). As uvas que receberam os tratamentos com MeJA exibiram poucas diferenças ao longo do armazenamento, podendo-se considerar seus valores como equivalentes. Ressalta-se que, no ciclo de produção 1, os valores L^* no tratamento do controle diminuíram em 8,8 unidades a partir da transferência da refrigeração para a condição ambiente.

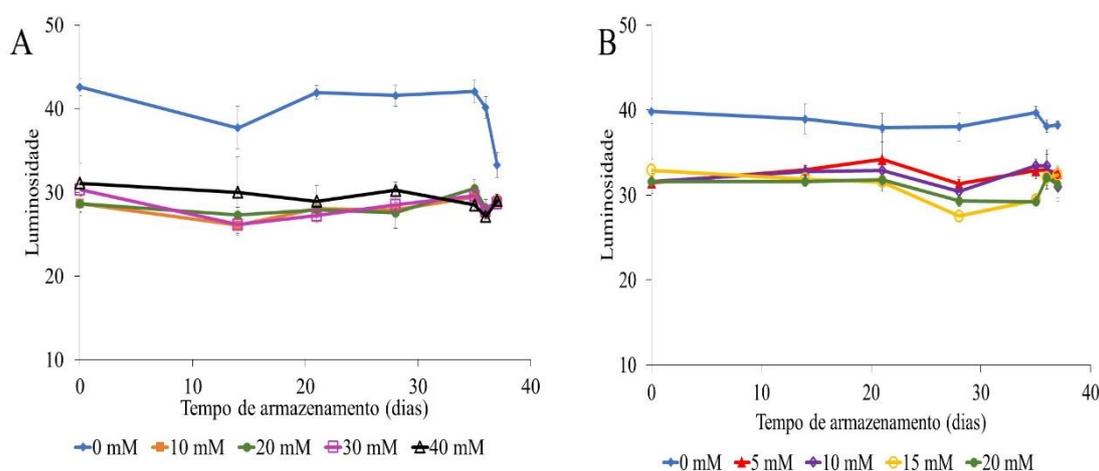


Figura 8 - Luminosidade da casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões.

No ciclo de produção 1, foram observados incrementos nos valores de a^* dos frutos controle, desde valores negativos, que representam a presença de pigmentos verdes, a valores positivos, indicando uvas com pigmentos vermelhos até o máximo de 8,73 no 37º dia de armazenamento (Figura 9A), sinalizando a heterogeneidade de coloração das bagas nos cachos. No ciclo de produção 2, houve influência isolada de dose e do tempo de armazenamento (Figuras 9B e 9C). Em relação ao tempo, os valores de a^* nas uvas variaram de 6,72 a 8,06 (Figura 9B). Quando se avaliou o efeito de doses, o controle possibilitou menores valores, sendo, em média, 2,31, enquanto nos demais tratamentos as médias foram mais altas, sendo o maior valor de 7,55, que foi observado nas uvas que receberam 20 mM de MeJA (Figura 9C). Entretanto, as diferenças entre doses foram muito restritas, sendo de, no máximo, 0,15. Independentemente da dose, a aplicação desse elicitador proporcionou coloração vermelha e maior uniformidade dentro do cacho.

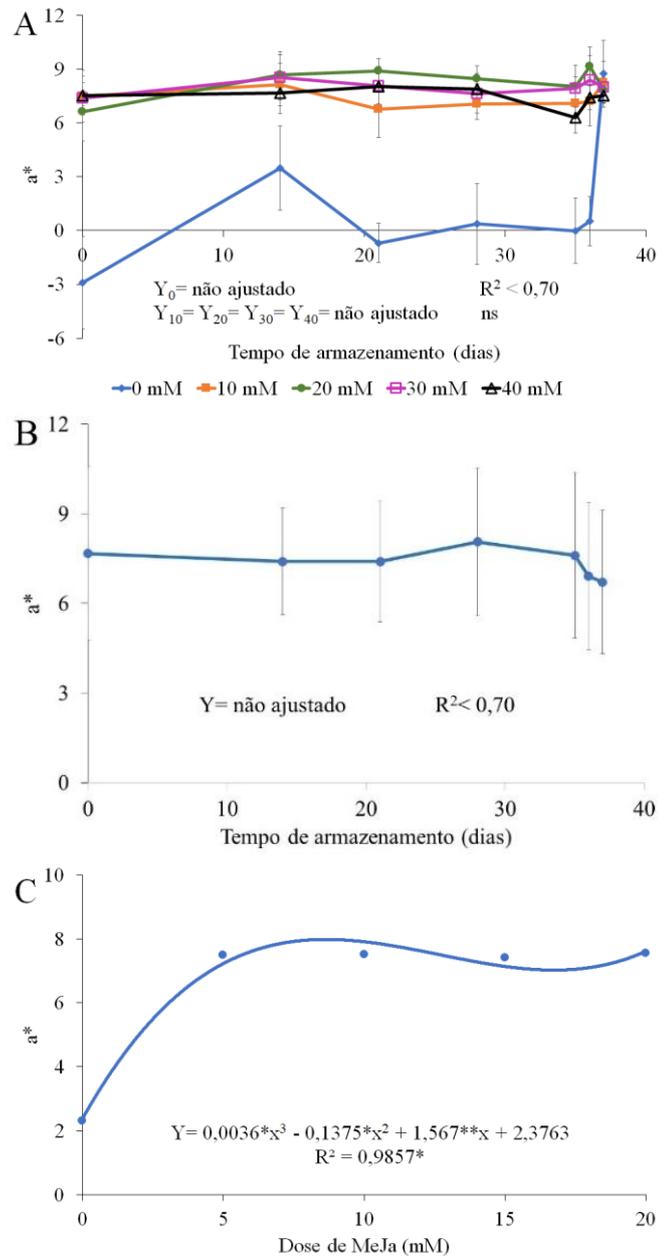


Figura 9 - Atributo de cor a^* da casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de: A. interação entre doses de metil jasmonato (MeJA) e tempo de armazenamento, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), nas uvas armazenadas a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias; B. tempo de armazenamento a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022); e C. doses de MeJA, a 0, 5, 10, 15 e 20 mM, nas uvas armazenadas no segundo ciclo de produção. Em A, não houve equação polinomial com coeficiente de determinação significativo que explicasse, pelo menos, 70% dos dados ou equação polinomial com significância estatística. Em B, não houve equação polinomial com coeficiente de determinação significativo que explicasse, pelo menos, 70% dos dados. * e ** Significância estatística pelo teste t a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente, pelo teste t. ns= não significativo.

Os valores médios do atributo de cor b^* diferenciaram as uvas do tratamento controle, pela maior proporção de pigmentos amarelos e representados por valores mais positivos, no ciclo de produção 1, das uvas tratadas com MeJA, que apresentaram menores valores médios, indicando a prevalência de pigmentos antocianicos (Figura 10A). No ciclo de produção 2, essa

resposta ficou mais evidente a partir da influência significativa e separada dos fatores tempo e dose (Figuras 10B e 10C). Ao final do armazenamento, os menores valores de b^* sugerem menor teor de pigmentos com tons azulados, a exemplo das antocianinas azul-violáceas na casca das uvas. Entre as doses avaliadas, nas uvas do tratamento controle, cujo valor médio foi de 7,06, houve maior proporção desses pigmentos amarelos em comparação aos frutos que receberam o MeJA, apesar de os valores não revelarem diferenciação visual (Figura 10C). Nestes, observou-se pouca variação nos valores médios, sendo de 3,8 a 4,14, entre as doses de 10, 15 e 20 mM de MeJA.

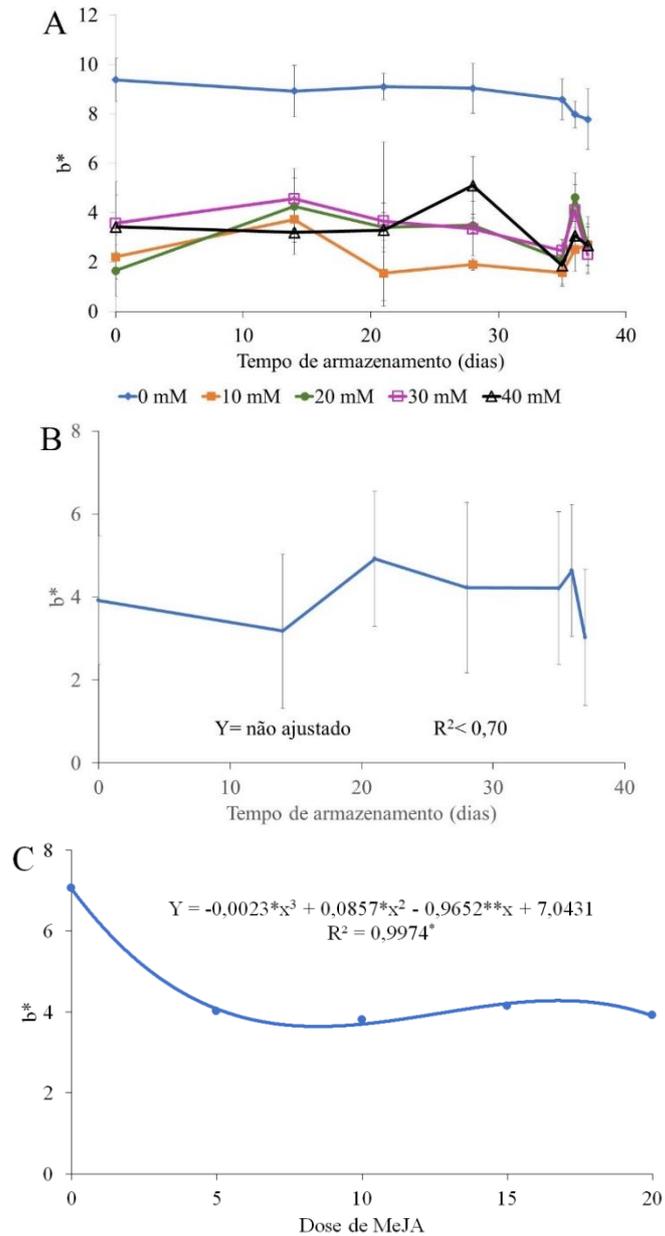


Figura 10 - Atributo de cor b^* da casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de: A. doses de metil jasmonato (MeJA) e do tempo de armazenamento, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), nas uvas armazenadas a $0,8\pm 1^\circ\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3\pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias; B. tempo de armazenamento a $0,7\pm 1^\circ\text{C}$ e $85\pm 1\%\text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2\pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81\pm 1\%\text{UR}$ por mais dois dias, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022); e C. doses de MeJA, a 0, 5, 10, 15 e 20 mM, nas uvas armazenadas no segundo ciclo de produção. Em A, os dados não apresentaram distribuição normal e foram representados por suas médias e desvios-padrões. Em B, não houve equação polinomial com coeficiente de determinação significativo que explicasse, pelo menos, 70% dos dados. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

As uvas do controle também se caracterizaram por menores valores no índice de cor para uvas vermelhas (CIRG). Bagas com valores do índice CIRG próximos de zero indicam coloração verde. Se os valores estão próximos de quatro, a coloração das bagas é vermelha (CARREÑO et al., 1995). No ciclo de produção 1, os valores médios nas uvas do controle variaram do verde ao rosado (Figura 11A). Nas uvas tratadas com MeJA, independentemente do tempo de armazenamento, os valores médios variaram de 3,7 a 4,8 nas doses de 40 e 10 mM, indicando coloração que variou do vermelho ao vermelho intenso. No ciclo de produção 2, houve efeito significativo isolado das doses de MeJA (Figura 11B). Os frutos do tratamento controle caracterizaram-se por valor médio de 2,34, indicando coloração rosada, enquanto nas uvas tratadas com MeJA, em todas as doses, os valores de 3,7 a 3,9 indicaram coloração vermelha.

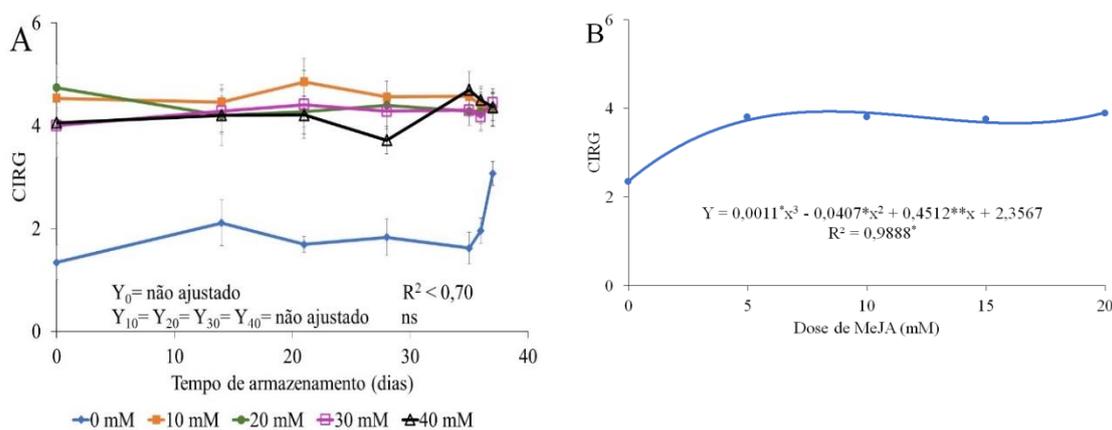


Figura 11 - Índice de cor para uvas vermelhas - Color Index for Red Grapes (CIRG) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de: A. interação entre doses de metil jasmonato (MeJA) e tempo de armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\%$ UR, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\%$ UR por mais dois dias, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022); ou B. doses de MeJA de 0, 5, 10, 15 e 20 mM, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022). * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

Foi observado o efeito isolado das doses de MeJA, incrementando o teor de SS das uvas avaliadas no ciclo de produção 1 (Figura 12A). Os menores teores durante o armazenamento foram observados no tratamento controle, com valor médio de $16,5^\circ\text{Brix}$, enquanto as uvas tratadas com MeJA apresentaram as maiores médias, em particular quando se aplicou a dose de 10 mM. Neste tratamento, foram registrados teores de $18,1^\circ\text{Brix}$. No ciclo de produção 2, também foi observado efeito isolado das doses de MeJA, incrementando o teor de SS (Figura 12B). Os menores teores, representados pelo valor médio $16,9^\circ\text{Brix}$, caracterizaram o tratamento controle enquanto os tratamentos com MeJA promoveram maior acúmulo, sendo o maior teor médio observado nas uvas tratadas com a dose de 5 mM, cujo valor foi de $17,6^\circ\text{Brix}$.

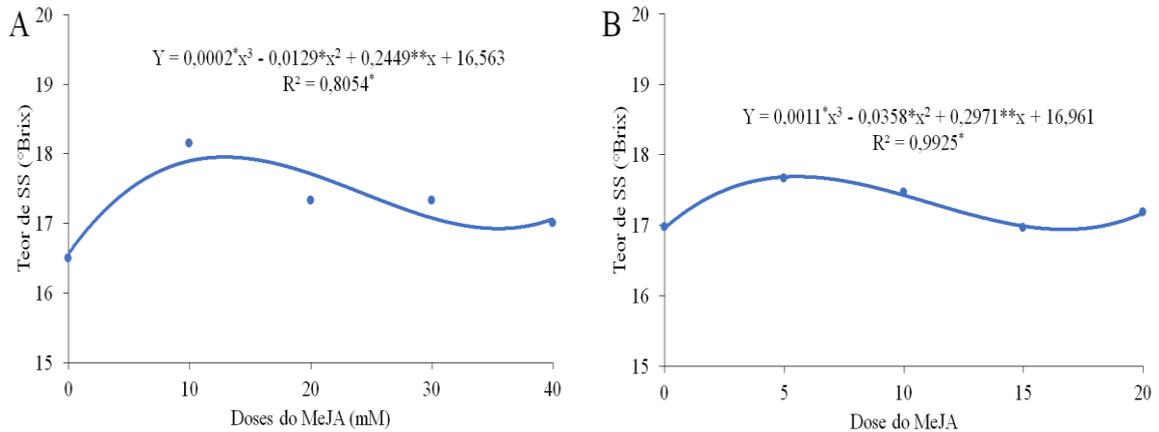


Figura 12 - Teor de sólidos solúveis (SS) em uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato (MeJA), no primeiro ciclo de produção, de 14 de abril a 20 de julho de 2022, (A) e segundo ciclo de produção, de 16 de setembro a 21 de dezembro de 2022 (B). * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

Os dados de AT do ciclo de produção 1 não apresentaram distribuição normal (Figura 13A). Porém, a partir dos valores médios, observa-se maior acidez nas uvas que não receberam aplicação de MeJA. Durante o ciclo de produção 2, houve influência isolada dos fatores dose e tempo de armazenamento (Figuras 13B e 13C). A AT aumentou de 0,59 a 0,76 g de ácido tartárico 100 mL^{-1} , ao 37º dia. Quando se avaliou o efeito de doses, observou-se maior AT (0,77 g de ácido tartárico 100 mL^{-1}) nas uvas do controle e o menor valor, de 0,71g de ácido tartárico 100 mL^{-1} , nas uvas tratadas com 5 mM.

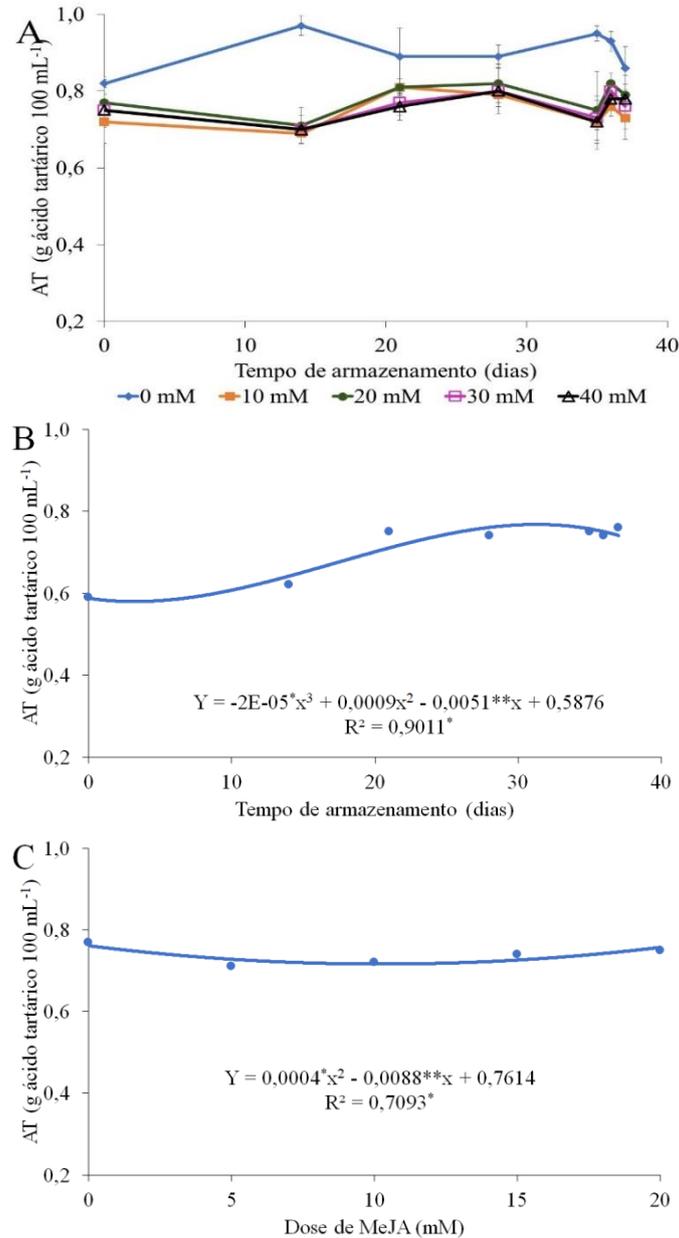


Figura 13 - Acidez titulável de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de: A. doses de metil jasmonato (MeJA) e do tempo de armazenamento, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), nas uvas armazenadas a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias; B. tempo de armazenamento a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias, no segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022); e C. doses de MeJA, a 0, 5, 10, 15 e 20 mM, nas uvas armazenadas no segundo ciclo de produção. Em A, os dados não apresentaram distribuição normal e foram representados por suas médias e desvios-padrões. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

Os teores de antocianinas (ANT) nas uvas do controle foram menores, sendo que no dia da colheita o valor foi de $16,29 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, no ciclo de produção 1 (Figura 14A). Após 28 dias, o teor médio foi de $18,42 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ e, aos 37 dias de armazenamento, foi de $14,14 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. O menor teor foi observado aos 37 dias de armazenamento. Nas uvas em que foram aplicadas as doses de MeJA, o maior teor médio foi observado quando se usou 40 mM, cujo valor alcançou $208,01 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, no 35º dia, superando em até 14,7 vezes o controle. No ciclo de produção

2, as uvas revelaram menores teores de antocianinas comparativamente ao anterior (Figura 14 B). O tratamento controle também resultou em menores teores, com médias no dia da colheita de 3,21 mg 100 g⁻¹, aos 28 dias de 2,21 mg 100 g⁻¹ e aos 37 dias de 7,67 mg 100 g⁻¹, sendo que aos 37 dias de armazenamento, as uvas do controle apresentaram as maiores médias. Houve um aumento substancial nos teores de ANT, após a aplicação do MeJA, sendo que o maior acúmulo ocorreu na maior dose aplicada, 20 mM de MeJA, atingindo médias de 49,20 mg 100 g⁻¹, ao 28º dia, com valor em até 22,4 vezes superior ao do controle.

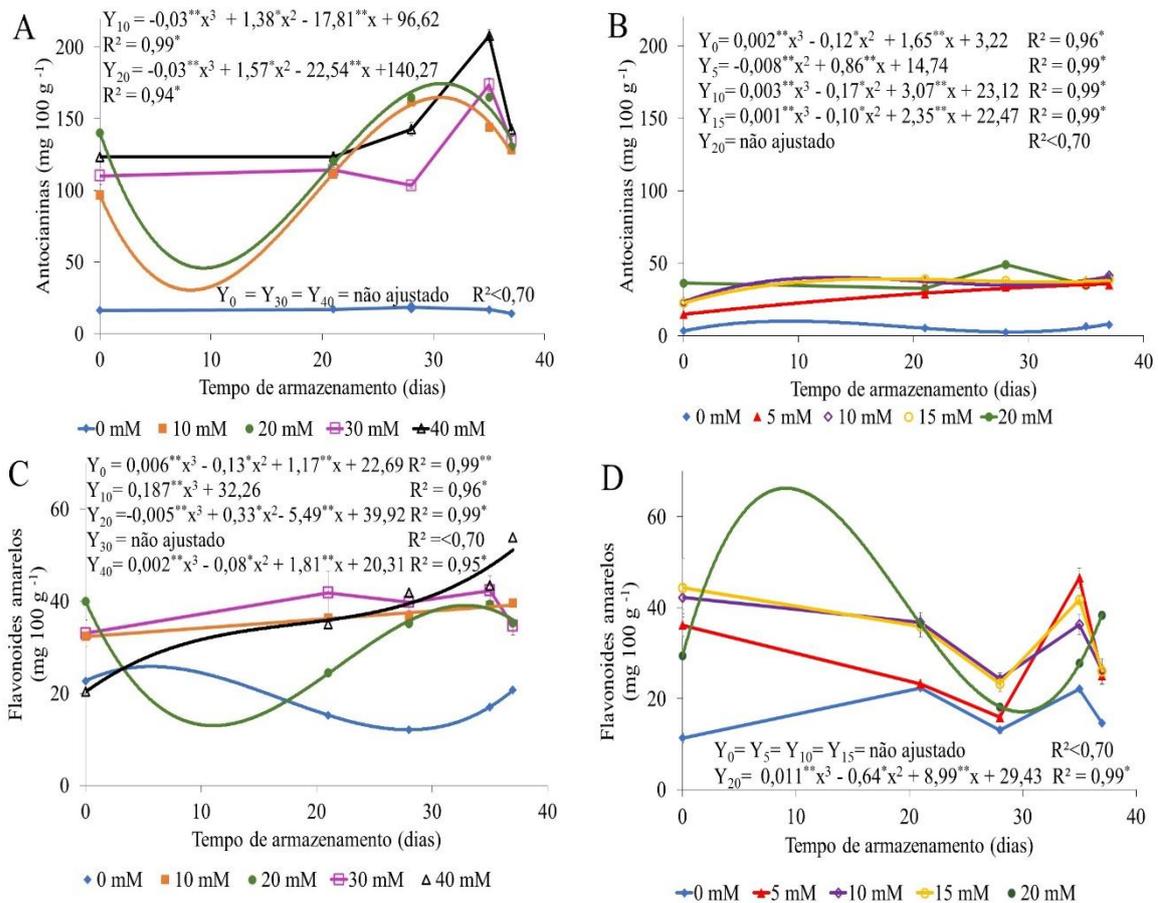


Figura 14 - Teores de antocianinas (A e B) e de flavonoides amarelos (C e D) de uvas 'BRS Melodia' sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a 0,8±1°C e 85±1%UR, durante 35 dias e seguido de 24,3±0,8°C e 81±1%UR por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a 0,7±1°C e 85±1%UR, durante 35 dias, e seguido de 24,2±0,6°C e 81±1%UR por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

A síntese dos flavonoides amarelos na casca (FLA) foi estimulada com a aplicação de MeJA (Figuras 14C e 14D. No ciclo de produção 1, a amostra controle apresentou os menores teores, com valores médios no dia da colheita de 22,69 mg 100 g⁻¹ aos 28 dias com valor de

12,09 mg 100 g⁻¹ e ao 37º dia com medias de 20,67 mg 100 g⁻¹, durante o armazenamento (Figura 14C), sendo que as medias entre o primeiro e último dia do armazenamento são equivalentes. As uvas tratadas com a dose de 40 mM de MeJA tiveram maior acúmulo ao longo do tempo, com maior teor (53,84 mg 100 g⁻¹) ao 37º dia, superando em até 4,45 vezes as amostras do tratamento controle. No ciclo de produção 2, os teores de FLA nas uvas controle foram menores, médias que variaram de 11,3 a 22,4 mg 100 g⁻¹, durante o armazenamento (Figura 14D). A aplicação do MeJA promoveu acúmulo dos FLA em todos os períodos avaliados. Nos tratamentos em que ocorreram a aplicação de MeJA, com destaque para a dose de 5 mM, cujo valor médio foi de 46,57 mg 100 g⁻¹, no 35º dia, correspondendo a teor 4,1 vezes superior a controle.

Os teores de polifenóis extraíveis totais (PET) determinados na casca das uvas foram superiores aos da baga (polpa e casca), uma vez que estes compostos se concentram na casca (Figura 15). No ciclo de produção 1, quando foram avaliadas as cascas, com exceção dos dias 0 e 21, as uvas do controle tiveram os menores teores, sendo que, ao 37º dia, apresentou o menor valor: 307,07 mg ácido gálico 100 g⁻¹ (Figura 15A). As uvas tratadas com as doses de 10 e 20 mM de MeJA caracterizaram-se pelo maior acúmulo de PET. Nos dias 21 e 28, o tratamento 10 mM proporcionou os maiores teores: 873,58 e 876,50 mg ácido gálico 100 g⁻¹, respectivamente. Nas últimas datas de avaliação, o controle caracterizou-se por teores reduzidos em comparação às uvas tratadas com MeJA. Considerando-se o teor de PET na baga (casca + polpa), no ciclo de produção 1, observou-se que as uvas do tratamento controle apresentaram as menores medias durante o armazenamento com exceção do dia da colheita que obteve média de 129,33 mg ácido gálico 100 g⁻¹ e no último dia de armazenamento apresentou as menores medias com valor de 98,31 mg ácido gálico 100 g⁻¹. Nos primeiros dias de armazenamento das uvas tratadas com 10 mM de MeJA, houve maior acúmulo, com teor médio de 176,30 mg ácido gálico 100 g⁻¹, no 21º dia de armazenamento (Figura 15C). No 37º dia de armazenamento, os cachos tratados na dose de 20 mM de MeJA se destacaram, resultando em valor de 156,90 mg ácido gálico 100 g⁻¹.

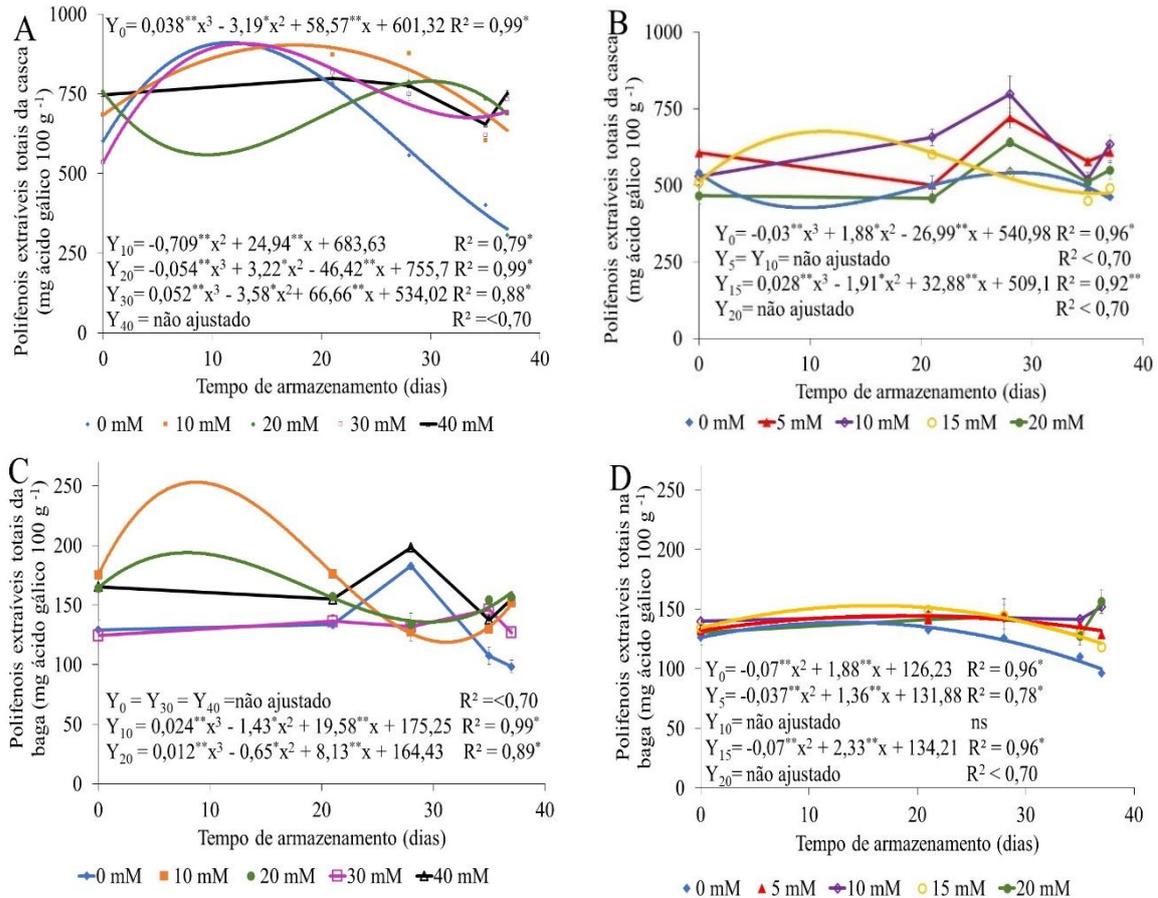


Figura 15 - Teores de polifenóis extraíveis totais (PET) da casca (A e B) e da baga (casca + polpa – C e D) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

Durante o ciclo de produção 2, os teores de PET nas cascas das uvas do controle foram menores durante o armazenamento, com média no dia da colheita de $541,08$, aos 28 dias com valores de $546,24$ mg ácido gálico 100 g^{-1} e no último dia de armazenamento apresentou a menor média com valor de $462,16$ mg ácido gálico 100 g^{-1} (Figura 15B). As doses de 5 e 10 mM de MeJA promoveram maior acúmulo dos PET nas uvas em todos os períodos avaliados, sendo a segunda a promoveu o maior teor médio, com valor de $797,30$ mg ácido gálico 100 g^{-1} , no 28º dia. Os teores nas bagas durante o armazenamento foram menores no controle, com valores de $126,51$ mg ácido gálico 100 g^{-1} no dia da colheita, $125,74$ mg ácido gálico 100 g^{-1} aos 28 dias e com menor média aos 37 dias com valor de $96,19$ mg ácido gálico 100 g^{-1} (Figura 15D). As uvas tratadas com MeJA apresentaram os maiores teores de PET. Durante o armazenamento, ocorreu pouca variação nos teores, sendo o maior dele observado no 37º dia

de armazenamento com as uvas tratadas com 20 mM de MeJA, cujo teor foi de 156,30 mg ácido gálico 100 g⁻¹.

A atividade antioxidante, determinada pelos métodos de captura dos radicais livres ABTS e DPPH, sofreram influência da interação entre doses e tempo de armazenamento (Figuras 16 e 17). Por meio do método de captura do radical livre ABTS, no ciclo de produção 1, verificou-se que a atividade antioxidante na casca da uva foi menor no tratamento controle durante o armazenamento, sendo que no dia da colheita a média foi de 34,26 $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$, aos 28 dias os valores foram de 25,55 $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$ e aos 37 dias a média foi de 40,27 $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$, a atividade antioxidante foi incrementada nos tratamentos com MeJA, sendo que a dose 10 mM foi a que se destacou aos 0, 21, 28 e 37 dias de armazenamento (Figura 16A). O valor na primeira data de avaliação foi 1,5 vezes superior ao controle. Quando as determinações foram realizadas nas frações de casca e polpa das bagas, as respostas foram equivalentes, de forma que as uvas do controle apresentaram atividade antioxidante inferior independente do período de armazenamento, com valores médios no dia da colheita de 6,66 $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$ e no último dia com média de 6,16 $\mu\text{M Trolox g}^{-1}$, sendo estes equivalentes durante o período de armazenamento (Figura 16C). Durante o armazenamento, houve variação dos valores das amostras em que foram aplicados MeJA, destacando-se a dose de 10 mM nos dias 0, 21, 28 e 37, com valores de até 1,8 vezes superiores ao controle, promovendo maior atividade antioxidante.

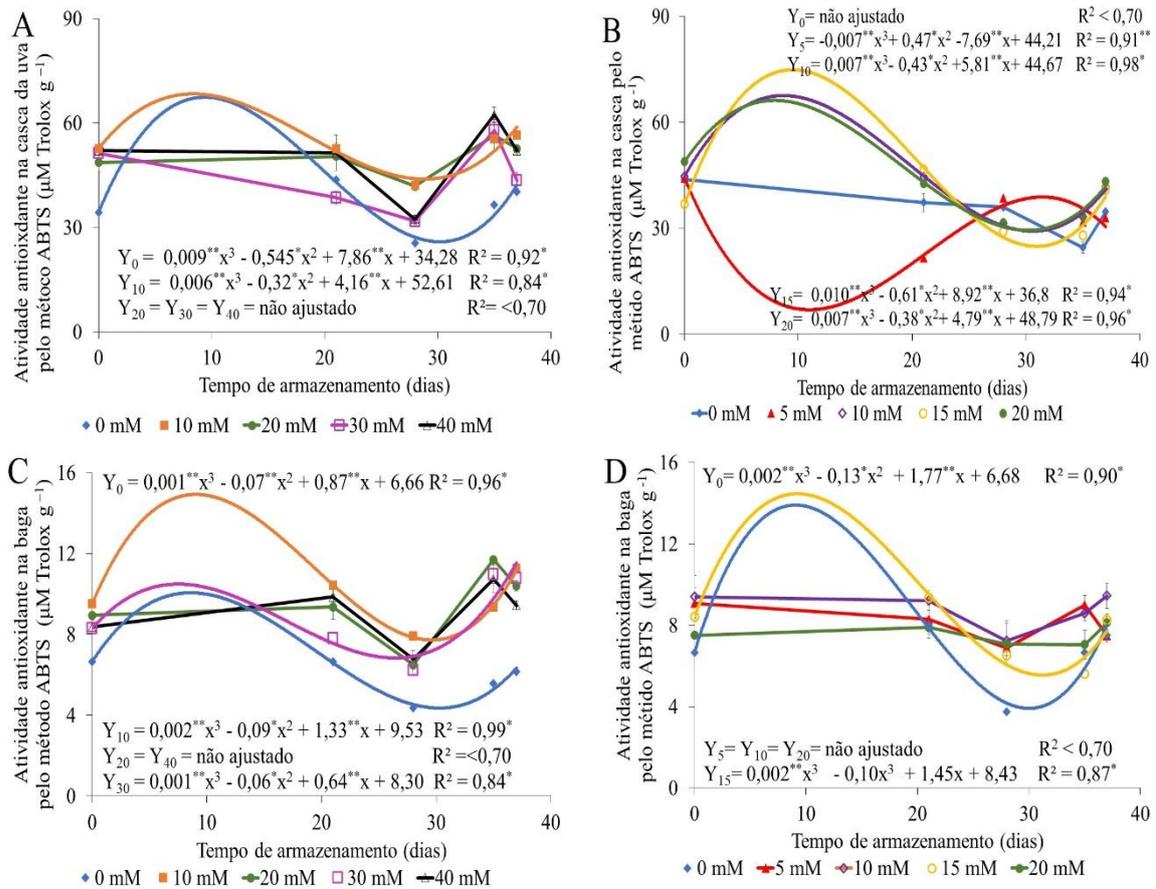


Figura 16 - Atividade antioxidante total determinada na casca (A e B) e na baga (casca + polpa, C e D) por meio do método de captura do radical livre ABTS^{•+} de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

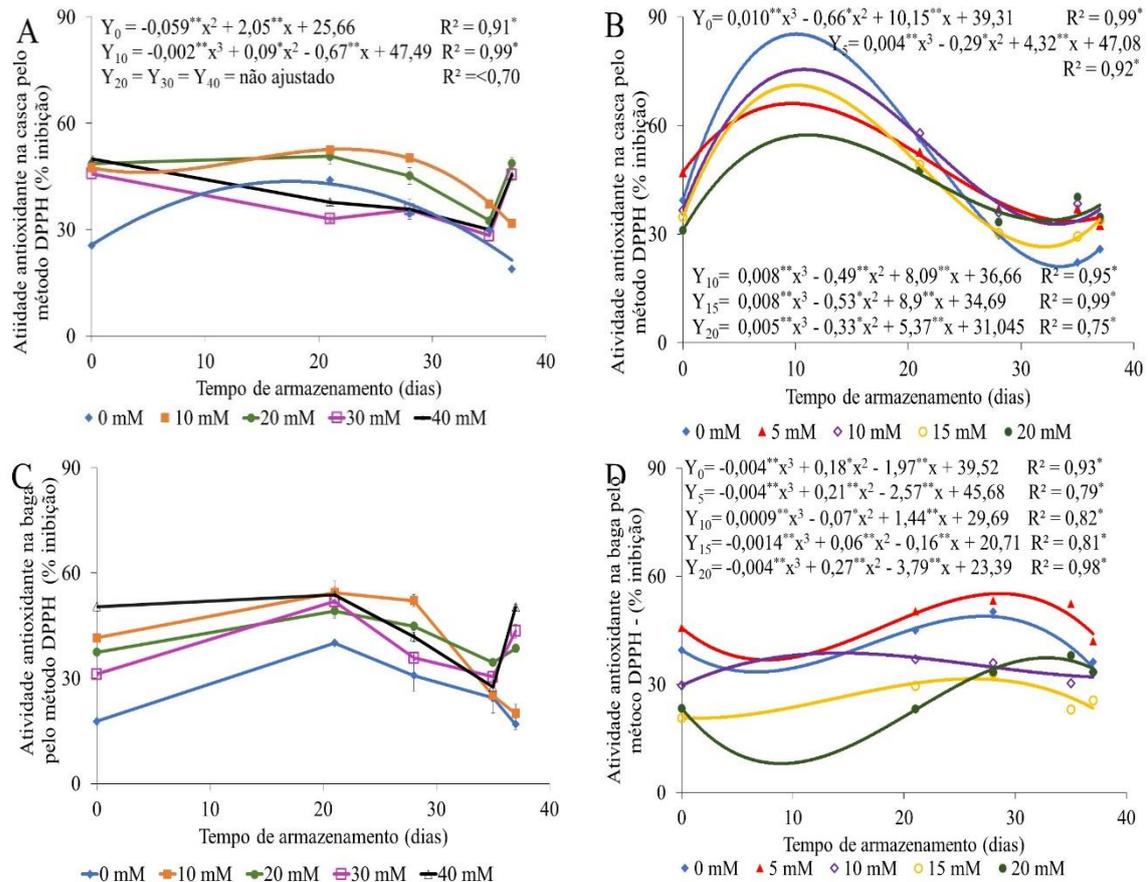


Figura 17 -Atividade antioxidante total determinada na casca (A e B) e na baga (casca + polpa, C e D) por meio do método de captura do radical livre DPPH^{*} de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em C, os dados não apresentaram distribuição normal e foram representados por suas médias e desvios-padrões. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

No ciclo de produção 2, a aplicação de MeJA proporcionou maiores valores da atividade antioxidante determinada pelo método de ABTS na casca das uvas, com destaque para as bagas tratadas na dose de 20 mM, nos dias 0, 35 e 37, sendo que no dia da colheita observou-se a maior atividade antioxidante: $48,81 \mu\text{M Trolox g}^{-1}$ (Figura 16B). Na baga (casca + polpa), registrou-se menor atividade antioxidante, utilizando-se o método ABTS, nos frutos do controle, com exceção do valor registrado aos 21 dias de armazenamento (Figura 16D). As uvas tratadas com a dose de 10 mM de MeJA foram as que tiveram maior atividade antioxidante, com destaque para 0 e 37 dias de armazenamento, com valores de $9,40$ e $9,45 \mu\text{M Trolox g}^{-1}$, respectivamente.

No primeiro ciclo de produção, quando se determinou a atividade antioxidante pelo método do radical livre DPPH nas cascas, as uvas do tratamento controle caracterizaram-se

pelos menores valores médios no dia da colheita, com valor de 25,59% de inibição. As uvas tratadas com a dose de 10 mM de MeJA se destacaram, em particular aos 21, 28 e 35 dias de armazenamento (Figura 17A). Na baga (polpa+casca), os menores valores médios foram observados no dia da colheita, com valor de 17,73% de inibição, nas uvas do tratamento controle (Figura 17C). Os tratamentos 10 e 40 mM de MeJA promoveram a maior atividade antioxidante durante o armazenamento, sendo que a maior atividade antioxidante foi registrada nas uvas tratadas com a dose de 10 mM de MeJA, ao 21º dia, com inibição de 54,47%.

No ciclo de produção 2, a atividade antioxidante determinada pelo método de captura do radical livre DPPH nas cascas das uvas foi maior que na baga (casca + polpa) (Figuras 17B e 17D). O tratamento controle resultou em menores valores médios ao final do período de armazenamento, aos dias 28, 35 e 37 dias, correspondendo a 29,71, 22,16 e 25,81% de inibição. Os tratamentos com MeJA resultaram em maior atividade antioxidante, com destaque para as cascas das uvas tratadas com as doses de 5, 10 e 20 mM, sendo que nos últimos dois dias de armazenamento a aplicação da dose 20 mM promoveu maior acúmulo. Avaliando-se a baga, as uvas que receberam a dose de 5 mM de MeJA se destacaram pela atividade alta e relativamente mais estável durante o período de armazenamento, sendo o maior valor médio observado ao 21º dia, com inibição de 53,32%.

A determinação da atividade antioxidante usando o método ABTS detectou diferenças mais marcantes entre as doses avaliadas e ao longo do armazenamento, demonstrando maior correspondência com os teores de compostos bioativos que respondem por essa ação, particularmente os fenólicos.

3.4 DISCUSSÃO

Os dados das variáveis representativas de mudança da coloração das bagas em campo durante as semanas de aplicação do MeJA no primeiro ciclo de produção mostraram respostas da uniformidade do cacho a partir da primeira semana de aplicação, indicando que com uma única aplicação ocorreu incremento dos teores dos pigmentos, especialmente quando se utilizou a dose de 10 mM. Na terceira semana de aplicação, as doses de 10, 20 e 40 mM promoveram maior porcentagem de coloração rosada/vermelha nos cachos, com valores entre 66 e 80%. No segundo ciclo de produção, após a primeira semana, todos os tratamentos que receberam a aplicação do MeJA apresentaram valores de porcentagem de coloração rosada/vermelha no cacho entre 51 e 65%. Os dados mostram que, para ambos os ciclos de produção, a aplicação do MeJA promoveu incremento da coloração já na primeira semana de aplicação.

Garcia-Pastor et al. (2019) realizaram três aplicações do MeJA no período pré-colheita das uvas 'Magenta' e 'Crimson' e observaram incremento da pigmentação das uvas a partir da segunda semana de aplicação. É provável que, sendo o MeJA endógeno um composto volátil, desloca-se rapidamente para diferentes partes da planta (WANG et al., 2021b), facilitando a resposta dos tecidos.

Pesquisas têm apontado que a aplicação do MeJA no período pré-colheita desencadeia a degradação da clorofila, melhorando a síntese de outros pigmentos, incluindo as antocianinas (HASAN et al., 2024; LV et al., 2023). Hasan et al. (2024), relataram que o etileno desempenha um papel fundamental na fisiologia do amadurecimento durante os estágios de desenvolvimento dos frutos, na fase de colheita e pós-colheita. Rehman et al. (2021), realizaram a aplicação do MeJA em laranja e os mesmos relataram que o MeJA estimula a degradação da clorofila independentemente ou por meio da regulação positiva da produção de etileno nos frutos, entretanto o mecanismo pelo qual o MeJA promove a coloração dos frutos por meio do acúmulo dos pigmentos como antocianina ainda não está claro.

Algumas variáveis de qualidade das uvas de mesa assumem importância destacada quando são considerados os elementos associados à comercialização. A perda de massa é um exemplo (MICHAILIDIS et al., 2020; WANG et al., 2021b). Michailidis et al. (2020) relataram que nas frutas, está associada a vários fatores, como perda de água, que ocorre principalmente devido à atividade metabólica após a colheita, determinada em particular pela respiração, mas também pela transpiração, especialmente quando armazenadas em temperaturas mais altas, resultando em prejuízos à qualidade e acelerando a murcha. A menor perda de massa em frutos tratados com MeJA, tanto durante o armazenamento sob refrigeração quanto em condição ambiente, sugere taxa mais lenta de senescência (EZZAT et al., 2017). Asghar e Hasanlooe et al. (2016) relataram que o tratamento com MeJA em morango atua como um agente anti-senescência, mantendo a integridade celular e levando à redução da perda de peso.

Garcia-Pastor et al. (2019) estudaram a aplicação do MeJA no período pré-colheita das uvas 'Magenta' e 'Crimson' e demonstraram que a aplicação do MeJA atrasou a senescência das uvas, especialmente quando aplicado no início da mudança natural de coloração das bagas e utilizando doses maiores de 10 mM. Quando o MeJA foi aplicado depois que as bagas começaram a pigmentar, o efeito no atraso do processo da senescência não foi observado. Os autores relataram que os processos bioquímicos que levam o fruto à senescência foram acelerados pela aplicação das menores concentrações, 0,01 e 1 mM de MeJA. No entanto, o mecanismo molecular envolvido nestes efeitos merece de mais pesquisas. D'Onofrio, Matarese

e Cuzzola (2018) relataram que a aplicação de MeJA na concentração de 10 mM na cultivar de uva 'Sangiovese' no início da mudança de coloração, 5 e 10 dias depois (3 aplicações) retardou o processo de amadurecimento ainda em campo e a senescência durante o armazenamento.

Na pesquisa com a 'BRS Melodia', a aplicação do MeJA ocorreu no início da mudança de coloração das bagas e as doses utilizadas foram mais altas, o que possivelmente promoveu o retardo do processo de senescência durante o armazenamento.

No ciclo de produção 2, a maior perda de massa em todos os tratamentos pode ter relação com as altas temperaturas, radiação solar e evapotranspiração de referência durante o período pré-colheita (Tabela 1). As condições de desenvolvimento da planta podem determinar suscetibilidades ou tolerâncias a fatores ambientais após a colheita da parte de interesse comercial. Chen et al. (2023) relataram que a planta desenvolve sistemas para se tornar mais resistente a condições de estresses, que afetam eventos fisiológicos e bioquímicos, como a ativação de genes que reprogramam os processos de defesa. Quando os frutos sofrem o estresse térmico, ainda em campo, podem desenvolver mecanismos de memória desse estresse. Neste contexto, as plantas utilizam mecanismos para armazenar e recordar da exposição ao calor, com mudanças nos níveis de transcrição, modificações de proteínas, produção de metabólitos ou transdução de sinal (GALLUSCI et al., 2023). Em alguns estudos, as análises moleculares, genéticas e bioquímicas indicam que a memória epigenética do estresse térmico é mantida na planta (ZHAO et al., 2020; GALLUSCI et al., 2023). Sugere-se que a maior perda de massa durante o armazenamento na uva 'BRS Melodia', no ciclo de produção do segundo semestre do ano, tenha relação com a ativação dessa memória genética do estresse térmico em campo, especialmente quando foram acondicionadas sob temperatura média de 24,2°C.

Na região do Submédio do Vale do São Francisco, o composto químico mais utilizado para incrementar a síntese de pigmentos nas uvas vermelhas é o etefon, que é um indutor de etileno nos tecidos vegetais. Em função desse mecanismo de ação, há promoção do amadurecimento e, geralmente, maior ocorrência de desgrane (BOTTCHEER et al., 2013; Wang et al., 2022). Na uva 'BRS Melodia', os resultados observados com a aplicação do MeJA não permitiram diferenciar o controle das uvas tratadas com MeJA para essa variável. Entretanto, o desprendimento das bagas do engaço é causado principalmente pela perda de massa (WANG et al., 2022). A partir dos resultados observados especialmente durante o primeiro ciclo de produção, observou-se maior perda de massa nas uvas tratadas com a dose de 40 mM, aos 14, 21, 28, 35 e 36 dias. Essa dose, aos 21, 28 e 35 dias, causou maior desprendimento das bagas do engaço. Portanto, durante o armazenamento, provavelmente a maior perda de massa das

uvas tratadas na dose de 40 mM promoveram maior desprendimento das bagas do engaço.

Os tratamentos com MeJA contribuíram para reduzir a perda de firmeza da uva 'BRS Melodia', que avançou nas amostras do controle durante o armazenamento (Figura 2). Baswal et al. (2020) e Martins et al. (2021), sugeriram que a aplicação com MeJA reduz a atividade de enzimas que hidrolisam as ligações glicosídicas entre os componentes da parede celular (pectina, lignina e hemicelulose), melhorando a firmeza e a resistência a danos mecânicos. Os autores destacaram que poligalacturonase e pectina metilesterase estão entre as enzimas degradadoras da parede celular que têm atividade reduzida pelo MeJA. Por conseguinte, tem-se estabilização do peso molecular e da taxa de ramificação da pectina solúvel em água (PSA). Estas respostas indicam retardo da despolimerização da estrutura da PSA, mantendo a integridade da parede celular, o que promove maior firmeza dos frutos.

A desidratação do engaço e a ocorrência de sinais de murcha nas bagas avançaram mais nas uvas do controle, nos dois ciclos avaliados. Esses resultados corroboram com as respostas em perda de massa e firmeza da boga, ao longo do armazenamento. Martins et al. (2021) relataram que a aplicação do MeJA promove um aumento nos níveis de cálcio, que, por sua vez, mantém a estrutura da parede celular, em consequência da inibição ou atraso da atividade de enzimas como a poligalacturonase. Portanto, mantém-se a firmeza do fruto por mais tempo, com menor incidência de rachaduras das bagas e infecções microbiológicas na casca, minimizando os problemas com podridões nos frutos. Crespo et al. (2024), relataram que as bagas perdem menos água para o ambiente, o que é importante para manter a textura e consequentemente turgidez do engaço por maior tempo. Essa condição favorece a aceitação da uva pelo consumidor, que associa engaço túrgido a uva fresca ou com pouco tempo de colhida.

A coloração é o principal atributo de qualidade visual que os consumidores consideram no momento da compra (NAKAJIMA et al., 2021). A 'BRS Melodia', como mencionado, possui coloração desuniforme nas bagas do cacho, por isso, a necessidade da utilização de um regulador vegetal para promover o acúmulo dos pigmentos (RITSCHER et al., 2021). O MeJA tem sido utilizado como indutor da cor em algumas frutas, incluindo as uvas (GARCÍA-PASTOR et al., 2019; WANG et al., 2022).

No presente estudo, após a aplicação exógena do MeJA em campo, observou-se incremento da pigmentação na uva 'BRS Melodia' ao longo das semanas. A cor das uvas tratadas com MeJA mostrou-se mais atraente, com coloração que variou do vermelho ao vermelho intenso. Sahoo et al. (2020), em estudo com a aplicação do MeJA no período pré-colheita em três fases (mudança de coloração, 3 e 6 dias após) em uvas da cultivar Pusa

Navrang, destacaram a maior eficiência do regulador vegetal quando aplicado no início da mudança de coloração das bagas, melhorando em até 40% a uniformidade de coloração vermelha do cacho. Os autores relataram também que a uniformidade da coloração depende da dose, momento de aplicação e interação entre os dois fatores.

A cor da superfície é um dos principais indicadores da aparência da fruta, o que afeta a competitividade do mercado. Os atributos de cor L^* (brilho), a^* (verde/ vermelho) e b^* (amarelo/azul) são usados para indicar as mudanças de coloração. Os valores do atributo de cor L^* nas uvas tratadas com MeJA apresentaram tendência de decréscimo em ambos os ciclos de produção, revelando-se com menor brilho. Baek et al. (2023), relataram que os menores valores de L^* em uvas tratadas com MeJA confirmaram que a aplicação do elicitor promoveu o desenvolvimento da coloração mais escura da ‘BRS Melodia’, indicando a eficácia do MeJA.

Ainda, a cor da superfície das uvas ‘BRS Melodia’ mudou do verde para o rosado/vermelho quando, durante o período pré-colheita, aplicou-se um elicitor para promover a síntese dos pigmentos. O presente estudo mostrou que os valores de a^* (maiores valores positivos), que indicam a presença de pigmentos vermelhos, e b^* (menores médias positivas), que indicam a menor presença de pigmentos amarelos, das uvas foram melhoradas pelo tratamento com MeJA, o que pode ser devido ao metabolismo do pigmento regulado pelo tratamento com MeJA. Nakajima et al. (2021) e Wang et al. (2022) demonstraram que o tratamento com MeJA melhorou a cor das uvas devido ao aumento no conteúdo das antocianinas, favorecendo a aparência e uniformidade da coloração. Esses achados sugerem que a aplicação do MeJA durante o período pré-colheita promoveu a síntese dos pigmentos que resultam em tons rosado/vermelho nas uvas ‘BRS Melodia’.

A variável CIRG é importante em uvas de cor como a ‘BRS Melodia’, pois preconiza determinar a cor das uvas por meio de dados numéricos de fácil associação prática. Segundo Carreño et al. (1995), valores próximos a 1,55 correspondem à cor amarela, 2,49 rosada, 3,66 vermelha, 4,25 vermelha escura e 5,57 violeta. As maiores doses de MeJA utilizadas no ciclo de produção 1 proporcionaram valores de CIRG que variaram do vermelho ao vermelho escuro. No ciclo de produção 2, com a utilização de menores doses, a coloração atingiu valor média de 3,7, em todos os tratamentos, refletindo a coloração vermelha característico da cultivar.

O teor de SS e a AT representam os principais componentes da qualidade que determinam o gosto e a percepção dos consumidores, estando associados a fatores como cultivar, tamanho da uva, rendimento da planta e condições climáticas. Estudos realizado por Wang et al. (2022) em uvas da cultivar Gewürztraminer ratificaram que a aplicação do MeJA

promoveu maior acúmulo de SS e menor AT nas bagas dos cachos. Os resultados mostraram também que a aplicação do MeJA pode acelerar ou retardar o amadurecimento em baixas e altas concentrações. Neste trabalho com a uva ‘BRS Melodia’, a aplicação do MeJA resultou em maiores teores de SS e menor AT, independentemente da dose utilizada.

Garcia-Pastor et al. (2019) também relataram que a aplicação do MeJA durante o período pré-colheita nas uvas ‘Magenta’ e ‘Crimson’ favoreceu maior acúmulo nos teores de SS e menor de AT que nas uvas do tratamento controle. Por conseguinte, os autores consideraram a melhoria nos parâmetros de qualidade organoléptica nessas uvas de mesa.

Ryu et al. (2020) e Wang et al. (2013), relataram que a biossíntese das antocianinas e demais compostos fenólicos pode ocorrer por duas rotas: a dos fenilpropanoides e do ácido mevalônico (de menor incidência), que é catalisada por uma série de enzimas, incluindo fenilalanina amônia liase (*PAL*), chalcona sintase (*CHS*), chalcona isomerase (*CHI*), cinamato-4-hidroxilase (*C4H*), 4-coumaroil:CoA-ligase (*4CL*), flavanona 3-hidroxilase (*F3H*), flavonoide 3'-hidroxilase (*F3'H*), flavonoide 3',5'-hidroxilase (*F3'5'H*), diidroflavonol 4-redutase (*DFR*), leucoanto-cianidina dioxigenase (*LDOX*) e UDP-glicose: flavonóide-3-Ogluco-siltransferase (*UFGT*). Ryu et al. (2020), também relataram que o processo é regulado por um complexo de proteínas reguladoras pertencentes às classes *MYB*, *bHLH* e *WD40*, que ativam os genes estruturais da via dos flavonoides. García-Pastor et al. (2019) e Hu et al. (2022), também relataram que a aplicação do MeJA promove a ativação dos fatores de transcrição *MYB* e *bHLH* que se ligam diretamente a promotores de genes estruturais das ANT, enquanto *WD40* atua como uma ponte ao interagir com os fatores de transcrição. O aumento da atividade desses fatores de transcrição, promovendo a biossíntese das ANT pela aplicação do MeJA, foi o que provavelmente incrementou os teores desses pigmentos na uva ‘BRS Melodia’.

Nakajima et al. (2021) documentaram maior acúmulo de ANT e melhoria na uniformidade de coloração com aplicação de 5 mM de MeJA, em uvas ‘Aki Queen’. Na presente pesquisa, os resultados sugerem que a aplicação pré-colheita de MeJA influencia a síntese de pigmentos que caracterizam a cor na casca da uva ‘BRS Melodia’, representada pelas ANT. No segundo ciclo de produção, a pulverização com 5 mM de MeJA promoveu acúmulo de antocianinas de até 16,2 vezes superior ao controle.

Os fatores ambientais também influenciam a síntese das ANT. A radiação solar e temperatura são os principais fatores climáticos que influenciam a síntese desses pigmentos (WANG et al., 2022). Ryu et al. (2020) avaliaram, em ambiente controlado, o efeito da temperatura sobre o acúmulo das antocianinas durante a maturação da uva ‘Kyoho’, em Wanju

(Coreia do Sul), concluindo que temperaturas entre 23,2-29,3°C promoveram o acúmulo das antocianinas. Porém, sob temperatura de 35,5°C, houve inibição quase que completa do acúmulo desses pigmentos, de forma que a coloração das bagas permaneceu verde, ratificando que as altas temperaturas reduziram a atividade das enzimas responsáveis pelo acúmulo das antocianinas, especialmente as *F3'5'H* e *F3'H*.

Os teores de antocianinas totais observados neste estudo foram influenciados pelas doses de MeJA. No primeiro ciclo de produção, a temperatura, sendo a média da máxima de 30,4°C, e a radiação solar global foram menores, em comparação ao segundo ciclo de produção. Neste, a temperatura máxima atingiu 33,5°C, condição que pode ter inibido a atividade das principais enzimas envolvidas no acúmulo das ANT.

Na literatura, ainda há poucos estudos sobre os efeitos do MeJA na composição fenólica das uvas de mesa. A aplicação do MeJA interferiu na síntese e acúmulo de FLA na 'BRS Melodia', porém as condições climáticas, em particular temperatura e radiação solar global, devem ser consideradas na avaliação dos efeitos. Estudo realizado por Wang et al. (2022) indicou que o MeJA desempenha papel central, induzindo vias de resposta a estresses abióticos nas plantas, principalmente sob temperaturas elevadas e alta radiação solar, e que, em níveis excessivos, degradam ANT e FLA. Portanto, a aplicação de MeJA pode possibilitar menor degradação de ANT e FLA, sob condições de estresse (SERNA-ESCOLANO et al., 2019). Sendo a preservação das ANT particularmente importante em uvas vermelhas, o manejo com esses reguladores vegetais pode representar uma estratégia para proteção do efeito de estresses ambientais que comprometeriam a coloração das bagas.

Os tratamentos com MeJA podem melhorar a qualidade dos frutos, incluindo o acúmulo de compostos flavonoides, avaliados por meio dos teores de PET, ANT e FLA. Essas respostas possivelmente estão relacionadas à síntese de ANT na casca, que são os principais flavonoides das uvas tintas, representando parte considerável dos PET. Wang et al. (2013) e Serna-Escolano et al. (2021) relataram que a aplicação exógena de MeJA promove acúmulo dos compostos fenólicos, estando envolvido diretamente no aumento da atividade de enzimas responsáveis pela síntese dos flavonoides, como *CHS*, *CHI*, *4CL*, *F3H*, *F3'H*, *DFR* e *UFGT*. Então, a aplicação do MeJA na uva 'BRS Melodia', induzindo a atividade dessas enzimas, pode resultar em maiores teores de PET, FLA e ANT, repercutindo em alta atividade antioxidante. Esta resposta é apoiada por estudos realizados com uva (GARCIA-PASTOR et al., 2019; WANG et al., 2022), limão (SERNA-ESCOLANO et al., 2019) e tangerinas (BASWAL et al., 2020).

A aplicação pré-colheita de MeJA na uva 'BRS Melodia' resultou no aumento da

capacidade antioxidante dos frutos, quando se utilizou os métodos de captura dos radicais livres ABTS e DPPH. Wang et al. (2021a) e Wang et al. (2021b) apontaram que o MeJA aumentou o sistema antioxidante nas frutas, relacionando o acúmulo de compostos com essa propriedade ao aumento da tolerância a estresses. As células vegetais ativam sistemas antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos para eliminar o excesso de espécies reativas de oxigênio (ROS) que são produzidas quando a planta sofre estresses. Algumas enzimas podem ser produzidas para neutralizar o efeito deletério do estresse oxidativo gerado pelo excesso de ROS. São elas: superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX), catalase (CAT), peroxidase (POD) e glutathione redutase (GR), que constituem um eficiente sistema antioxidante enzimático. No entanto, algumas ROS podem ser neutralizadas com a ajuda de sistema antioxidante não enzimático, que incluem moléculas como carotenoides, α -tocoferol e polifenóis.

Serna-Escolano et al. (2019) relataram que a aplicação do MeJA durante a pré-colheita resultou no aumento da atividade antioxidante no limão, pois os frutos tratados aumentaram a atividade da enzima APX em até 2,4 vezes. Também houve evolução da atividade da CAT e POD. Os autores relacionaram o aumento da atividade antioxidante nos frutos ao aumento da atividade dessas enzimas. Também, relataram aumento da atividade das enzimas antioxidantes, juntamente com níveis mais elevados de compostos antioxidantes, como resultado do tratamento com MeJA. A análise metabólica também mostrou um aumento no acúmulo de FLA e PET em frutos que receberam aplicação de MeJA e relacionaram o acúmulo às propriedades desse elicitor de neutralizar ROS. Serna-Escolano et al. (2021) e Zhu et al. (2022), apontaram que o aumento da atividade destas enzimas potencializa os compostos antioxidantes presentes, mantendo a qualidade por mais tempo e aumentando a atividade antioxidante.

Alguns autores também relacionaram o aumento da atividade antioxidante ao aumento da atividade dessas enzimas, em limão (SERNA-ESCOLANO et al., 2019), pera (ZHU et al., 2022) e uva (GARCÍA-PASTOR et al., 2019). Na pesquisa com a ‘BRS Melodia’, a atividade antioxidante foi aumentada pelo tratamento com MeJA. Porém, ressalta-se que os efeitos da aplicação pré-colheita do MeJA dependem de fatores como a cultura, dose e fase fenológica.

A deterioração da qualidade dos frutos geralmente ocorre durante o período pós-colheita, o que limita severamente o valor comercial e a duração do armazenamento (DAI et al., 2021). A maioria dos relatos sobre a aplicação do MeJA limitam-se a avaliações no dia da colheita. Neste trabalho, a aplicação deste regulador vegetal se mostrou eficaz como estimulador da síntese de diversos compostos químicos relacionado à qualidade da uva ‘BRS Melodia’, possibilitando melhorar sua preservação e potencial antioxidante.

3.5 CONCLUSÕES

A aplicação pré-colheita do MeJA na uva ‘BRS Melodia’ agregou características que valorizam a qualidade das uvas, como maior percentual do cacho com coloração rosada/vermelha, redução da perda de massa, manutenção da firmeza, aumento dos teores de sólidos solúveis, de antocianinas e de flavonoides amarelos, bem como maior atividade antioxidante, particularmente quando determinada pelo método de captura do radical ABTS.

As condições ambientais diferentes entre os ciclos de produção determinaram características de qualidade distintas e respostas específicas ao uso de MeJA. No primeiro ciclo de produção, as doses aplicadas mostraram respostas equivalentes, ao longo do tempo de armazenamento, na maioria dos atributos de qualidade da uva. Distinguiram-se efeitos específicos no momento da colheita, quando a dose de 20 mM promoveu o maior incremento no teor de antocianinas. Ainda, essa dose, assim como 20 e 30 mM, resultaram em maiores teores de polifenóis extraíveis totais na casca das uvas. Por sua vez, no segundo ciclo de produção, a dose 20 mM de MeJA reuniu vantagens como menor perda de massa, maior acúmulo de antocianinas e de polifenóis extraíveis totais na baga, além de predomínio de alta atividade antioxidante da casca pelo método ABTS.

A promoção da coloração vermelha das bagas por meio da aplicação de MeJA foi constatada por meio de diferentes variáveis, incluindo a percentagem do cacho com coloração rosada/vermelha, os atributos de cor a^* e b^* , o índice CIRG e, principalmente, teor de antocianinas na casca, sendo esta a que melhor distinguiu os efeitos de doses. Portanto, o MeJA mostrou-se uma alternativa promissora para incrementar a coloração rosada a vermelha e manter a qualidade da uva ‘BRS Melodia’ armazenada.

REFERÊNCIAS

- ASGHARI, M. Impact of jasmonates on safety, productivity and physiology of food crops. **Trends in Food Science e Technology**, Londres, v. 1, n. 91, p. 169–183. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.005>.
- ASGHARI, M.; HASANLOOE A. R. 2016. Methyl jasmonate effectively enhanced some defense enzymes activity and Total Antioxidant content in harvested “Sabrosa” strawberry fruit. **Food Science & Nutrition**, São Paulo, n. 4, p. 377–383. 2016. <https://doi.org/10.1002/fsn3.300>.
- Association of Official Analytical Chemists - International [AOAC]. 2010. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- BAEK, M. W.; CHOI, H. R.; LEE, H. C.; LEE, J. H.; LEE, O-H.; HONG, J. S.; JEONG, C. S.; TILAHUN, S. Preharvest methyl jasmonate and salicylic acid treatments improve the nutritional qualities and postharvest storability of tomato. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 321, p. 1-13. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112332>.
- BASWAL, A. K.; DHALIWAL, H. S.; SINGH, Z.; MAHAJAN, B. V. C.; GILL, K. S. Postharvest application of methyl jasmonate, 1-methylcyclopropene and salicylic acid extends the cold storage life and maintain the quality of ‘Kinnow’ mandarin (*Citrus nobilis L. X C. deliciosa L.*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 161, p. 1-8. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111064>.
- BOTTCHER, C.; HARVEY, K.E.; BOSS, P.K.; DAVIES, C. Ripening of grape berries can be advanced or delayed by reagents that either reduce or increase ethylene levels. **Functional Plant Biology**, Austrália, n. 40, p. 50-66. 2013. <https://doi.org/10.1071/FP12347>.
- CARREÑO, J.; MARTINEZ, A.; ALMELA, L.; FERNANDEZ-LOPEZ, J. A. Proposal of an index for the objective evaluation of the color of red table grapes. **Food Research International**, Ottawa, n. 28, p. 373–377. 1995. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(95\)00008-A](https://doi.org/10.1016/0963-9969(95)00008-A).
- CHEN, Y.; HUNG, F-S.; SUGIMOTO, K. Epigenomic reprogramming in plant regeneration: Locate before you modify. **Current Opinion in Plant Biology**, Texas, n. 75, p. 10-24. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2023.102415>.
- COSTA, R. R.; RODRIGUES, A. A. M.; VASCONCELOS, V. A. F.; COSTA, J. P. D.; LIMA, M. A. C. Trellis systems, rootstocks and season influence on the phenolic composition of ‘Chenin Blanc’ grape. **Scientia Agricola**, São Paulo, n.3, p. 1-11. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0207>.
- CRESPO, P.; MARTÍNEZ-ZAMORA, L.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; TORNEL, M. New table grape hybrids development from teinturier population with enhanced phytochemical quality. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 237, p. 1-12. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112756>.

DAI, X. M.; LU, Y. P.; YANG, Y.; YU, Z. F. 1-methylcyclopropene preserves the quality of chive (*Allium schoenoprasum* L.) by enhancing its antioxidant capacities and organosulfur profile during storage. **Foods**, Indiana, n. 10, p. 8-17. 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10081792>.

D'ONOFRIO, C.; MATARESE, F.; CUZZOLA A. Effect of methyl jasmonate on the aroma of Sangiovese grapes and wines. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 242, p. 352–361. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.084>.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. 2022. **Dados meteorológicos**. Petrolina, Brazil. Disponível em: <http://www.cpatas.embrapa.br:8080/index.php?op=dadosmet>. Acesso em: 28 dez. 2022.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press 1: 181-207. 1982.

EZZAT, A.; AMMAR, A.; SZABÓ, Z.; NYÉKI, J.; HOLB, I. J. Postharvest treatments with methyl jasmonate and salicylic acid for maintaining physico-chemical characteristics and sensory quality properties of apricot fruit during cold storage and shelf-life. **Polish Journal Food Nutrition Sciences**, Emilia-Romagna, n. 67, p. 159–166. 2017. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0013>.

GALLUSCI, P.; AGIUS, D. R.; MOSCHOU, P. M.; DOBRÁNSZKI, J.; KAISERLI, E.; MARTINELLI, F. Deep inside the epigenetic memories of stressed plants. **Trends in Plant Science**, Barcelona, n. 28, p. 142-153. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.09.004>.

GARCIA-PASTOR, M. E.; SERRANO, M.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; VALERO, D.; ZAPATA, P. J. Methyl jasmonate effects on table grape ripening, vine yield, berry quality and bioactive compounds depend on applied concentration. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 247, p. 380–389. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.043>.

HASAN, M. U.; SINGH, Z.; SHAH, H. M. S.; WOODWARD, A.; AFRIFA-YAMOAH, E. Methyl jasmonate advances fruit ripening, colour development, and improves antioxidant quality of 'Yoho' and 'Jiro' persimmon. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 21, p. 459-470. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140360>.

HO, T-T.; MURTHY, H. N.; PARK, S. Y. Methyl jasmonate induced oxidative stress and accumulation of secondary metabolites in plant cell and organ cultures. **International Journal of Molecular Sciences**, California, n. 21, p. 7-16. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms21030716>.

HU, S.; YU, K.; YAN, J.; SHAN, X.; XIE, D. Jasmonate perception: Ligand–receptor interaction, regulation, and evolution. **Molecular Plant**, Bristol, n. 16, p. 23-42. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.08.011>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). **Pesquisa produção agrícola municipal**. Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2022/04/HORTIFRUTI_2022.pdf. Acesso em: 27 out. 2023.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Filadelfia, n. 45, p. 1390-1393. 1997. <https://doi.org/10.1021/jf960282f>.

LIMA, M. A. C.; SILVA, A. L.; ASSIS, J. S. **Vida útil pós-colheita da uva de mesa ‘Superior Seedless’ após armazenamento refrigerado**. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, Miami, v. 47, p. 272-274, out. 2003. Edição de 49th Annual Meeting International Society for Tropical Horticulture, Fortaleza, Ago./Set. 2004.

LV, J.; ZHANG, Y.; TANG, W.; CHEN, J.; GE, Y.; LI, J. Concentration-dependent impacts of exogenous methyl jasmonate (MeJA) on chlorophyll degradation of apple fruit during ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 203, p. 11-23. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2023.112398>.

MARTINS, V.; UNLUBAYIR, M.; TEIXEIRA, A.; GERÓS, H.; LANOUE A. Calcium and methyl jasmonate cross-talk in the secondary metabolism of grape cells. **Plant Physiology and Biochemistry**, São Paulo, n. 165, p. 228-238. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.05.034>.

MICHAILIDIS, M.; KARAGIANNIS, E.; TANOU, G.; SARROU, E.; KARAMANOLI, K.; LAZARIDOU, A.; MARTENS, S.; MOLASSIOTIS A. Sweet cherry fruit cracking: follow-up testing methods and cultivar-metabolic screening. **Plant Methods**, Flórida, n. 16, p. 51-60. 2023. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00593-6>.

MILLER, N. J.; DIPLOCK, A. T.; RICE-EVANS, C.; DAVIES, M. J.; GOPINATHAN, V.; MILNER A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, n. 84, p. 407-412. 1993. <https://doi.org/10.1042/cs0840407>.

MINICH, D. A review of the science of colourful, plant-based food and practical strategies for eating the Rainbow. **Journal of Nutrition and Metabolism**, Londres, n. 125, p. 1-19. 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2125070>.

NAKAJIMA, N.; HIROMICHI, I.; YOSHIKO K. Effects of exogenous methyl jasmonate and light condition on grape berry coloration and endogenous abscisic acid content. **Journal of Pesticide Science**, n. 46, p. 322–332. 2021. <https://doi.org/10.1584/jpestics.D21-027>.

RASOULI, M.; SABA, M. K.; RAMEZANIAN A. Inhibitory effect of salicylic acid and aloe vera gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 247, p. 27-34. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.12.004>.

REHMAN, M.; SINGH, Z.; KHURSHID, T.; MALEKIPOOR, R.; TOKALA, V. Y. Preharvest spray application of methyl jasmonate promotes fruit colour and regulates quality in M7 Navel orange grown in a Mediterranean climate. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, n. 15, p. 387-393. 2021. <https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.03>.

RITSCHHEL, P. S.; MAIA, J. D. G.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. S.; PROTAS, J. F. S.; GROHS, D. S.; et al. BRS Melodia: Manejo da cultivar de uva rosada, sem sementes, com sabor *gourmet*, para produção na região do Submédio do Vale do Rio São Francisco. Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica**: Bento Gonçalves, Brazil, n. 158, p. 29-36. 2021.

RYU, S.; HAN, J. H.; CHO, J. G.; JEONG, J. H.; LEE, S. K.; LEE, H. J. High temperature at veraison inhibits anthocyanin biosynthesis in berry skins during ripening in ‘Kyoho’ grapevines. **Plant Physiology and Biochemistry**, São Paulo, n. 157, p. 219–228. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.10.024>.

SAHOO, T.; VERMA, M. K.; DUBEY, A. K.; THAKRE, M.; IQUEBAL, M.; BHARADWAJ, C.; SAHA, S. Pre-harvest application of methyl jasmonate for improving nutritional quality of ‘Pusa Navrang’ grape (*Vitis vinifera*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Nova Delhi, n. 90, p. 813–820. 2020. <https://doi.org/10.56093/ijas.v90i4.102230>.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, São Paulo, n. 76, p. 270-276. 1998.

SERNA-ESCOLANO, V.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; GIMENEZ, M.J.; SERRANO, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, S.; VALERO, D.; VALVERDE, J.M.; ZAPATA, P.J. Enhancing antioxidant systems by preharvest treatments with methyl jasmonate and salicylic acid leads to maintain lemon quality during cold storage. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 338, p. 12-24. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128044>.

SERNA-ESCOLANO, V.; VALVERDE, J. M.; GARCÍA-PASTOR, M. E.; VALERO, D.; CASTILLO, S.; GUILLÉN F.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; ZAPATA, P. J.; SERRANO M. Pre-harvest methyl jasmonate treatments increase antioxidant systems in lemon fruit without affecting yield or other fruit quality parameters. **Journal Science Food Agriculture**, n. 99, p. 5035–5043. 2019. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9746>.

WANG, B.; HE, J.; BAI, Y.; YU, X.; LI, J.; ZHANG, C.; XU, W.; BAI, X.; CAO, X.; WANG, S. Root restriction affected anthocyanin composition and up-regulated the transcription of their biosynthetic genes during berry development in ‘Summer Black’ grape. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, 35: 2205-2217. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11738-013-1257-2>.

WANG, D. D.; LI, Y.; BHUPATHIRAJU, S. N.; ROSNER, B. A.; SUN, Q.; GIOVANNUCCI, E. L.; RIMM, E. B.; MANSON, J. A. E. Fruit and vegetable intake and mortality results from 2 prospective cohort studies of us men and women and a meta-analysis of 26 cohort studies. **Circulation**, n. 143, p.1642-1654. 2021a. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.048996>.

WANG, J.; VANDERWEIDE, J.; YAN, Y.; TINDJAU, R.; PICO, J.; DELUC, L.; ZANDBERG, W.F.; CASTELLARIN, S.D. Impact of hormone applications on ripening-related metabolites in Gewürztraminer grapes (*Vitis vinifera* L.): The key role of jasmonates in terpene modulation. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 388, p. 13-29. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.12948>.

WANG, S. Y.; SHI, X. C.; LIU, F-Q.; LABORDA P. Effects of exogenous methyl jasmonate on quality and preservation of postharvest fruits: A review. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 353, p. 94-82. 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129482>.

WOLUCKA, B. A.; GOOSSENS, A.; INZ, E. D. Methyl jasmonate stimulates the de novo biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, n. 56, p. 2527–2538. 2005. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri246>.

XIANG, W. J.; WANG, H. W.; SUN, D. W. Phytohormones in postharvest storage of fruit and vegetables: mechanisms and applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Massachusetts, n. 61, p. 2969-2983. 2020. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1864280>.

ZHAO, B. Q.; LIU, Q. Y.; WANG, B. S.; YUAN F. Roles of phytohormones and their signaling pathways in leaf development and stress responses. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Filadelfia, n. 69, p. 3566–3584. 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07908>.

ZHAO, J.; LU, Z.; WANG, L.; JIN B. Plant responses to heat stress: physiology, transcription, noncoding RNAs, and epigenetics. **Plant Physiology**, São Paulo, n. 22, p. 1-17. 2020. <https://doi.org/10.3390/ijms22010117PMID>.

ZHU, L.; HAITAO, Y.; XIAOMEI, D.; MINGLIANG, Y.; ZHIFANG, Y. Effect of methyl jasmonate on the quality and antioxidant capacity by modulating ascorbate-glutathione cycle in peach fruit Lijuan. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 330, p. 11-16. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111216>.

CAPÍTULO II - METIL JASMONATO INFLUENCIA A COMPOSIÇÃO FENÓLICA DA UVA ‘BRS MELODIA’ EM CULTIVO IRRIGADO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO ².

RESUMO

O metil jasmonato (MeJA) é um regulador vegetal envolvido em vários processos fisiológicos, como a transcrição de genes e a síntese de enzimas específicas, resultando no acúmulo de compostos químicos como as antocianinas. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar a influência da aplicação pré-colheita de MeJA na composição fenólica de uvas ‘BRS Melodia’, durante dois ciclos de produção, no Semiárido brasileiro. O experimento foi conduzido nos ciclos de produção do primeiro e segundo semestres de 2022, em vinhedo de produção comercial, localizado em Petrolina-PE. No primeiro ciclo de produção, as doses utilizadas foram 0, 10, 20, 30 e 40 mM e, no segundo ciclo, foram ajustadas para 0, 5, 10, 15 e 20 mM. Em ambos, as uvas foram armazenadas por 0, 28 e 37 dias. O primeiro e segundo ciclo de produção foram analisados separadamente, adotando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em fatorial 5 x 3 (dose de MeJA x tempo de armazenamento), com quatro repetições. Foi caracterizado o perfil fenólico nas cascas das uvas, utilizando cromatografia líquida de alta eficiência. O MeJA favoreceu o acúmulo de ácido caftárico, estilbenos, flavonóis, flavan-3-óis, proantocianidinas e antocianinas. No primeiro ciclo de produção, os incrementos foram efetivos, por ocasião da colheita, para o teor de ácido caftárico nas uvas sob o tratamento 40 mM e 10, 20 e 30 mM para o grupo dos flavan-3-óis, procianidinas e antocianinas. Porém, a dose 40 mM revelou-se vantajosa por manter teores elevados de antocianinas com o prolongamento do armazenamento. No segundo ciclo de produção, os tratamentos 5, 10 e 20 mM responderam com maior acúmulo e estabilidade das antocianinas durante o armazenamento, sendo que a última também manteve elevados os teores de flavan-3-óis. A aplicação do MeJA promoveu acúmulo dos compostos fenólicos na uva ‘BRS Melodia’, representando oportunidade para agregação de valor à cultivar.

Palavras-chaves: ácidos fenólicos; antocianinas; compostos bioativos; elicitor vegetal; estilbenos; flavonóides.

ABSTRACT

Methyl jasmonate (MeJA) is a plant regulator involved in various physiological processes, such as gene transcription and the synthesis of specific enzymes, resulting in the accumulation of chemical compounds like anthocyanins. The objective of this research was to characterize the influence of pre-harvest application of MeJA on the phenolic composition of ‘BRS Melodia’ grapes during two production cycles in the Brazilian Semiarid region. The experiment was conducted over two production cycles during the first and second semesters of 2022, in a commercial vineyard located in Petrolina-PE. In the first production cycle, the doses used were 0, 10, 20, 30, and 40 mM, while in cycle 2, they were adjusted to 0, 5, 10, 15, and 20 mM. In both, the grapes were stored during 0, 28, and 37 days. The first and second production cycles were analyzed separately, adopting a completely randomized experimental design, in a factorial 5 x 3 (MeJA dose x storage time) with four replications. The phenolic profile of the grape skins was characterized using high-performance liquid chromatography. MeJA favored caftaric acid, stilbens, flavonols, falvan-3-ols, proanthocyanidins and anthocyanins. In the first production cycle, increases were effective on harvest time for caftaric acid content in grapes under 40 mM and 10, 20 and 30 mM treatments for the group of flavan-3-ols, proanthocyanidins and anthocyanins. However, the 40 mM dose showed as an advantage for maintaining higher anthocyanins content throughout extending the storage. In the second production cycle, the treatments 5, 10 e 20 mM resulted in a higher accumulation and stability of anthocyanins during the storage, being the last one maintained higher flavan-3-ols content. The application of MeJA promoted phenolic compounds accumulation on ‘BRS Melodia’ grapes, representing an opportunity for adding value to the cultivar.

Keywords: phenolic acids; anthocyanins; bioactive compounds; plant elicitor; stilbenes; flavonoids.

² Artigo a ser submetido à revista Scientia Horticulturae

4.1 INTRODUÇÃO

As uvas são frutas reconhecidamente ricas em compostos fenólicos. Estes compostos são derivados da via dos fenilpropanoides, sintetizados a partir da fenilalanina ou tirosina, em uma série de reações enzimáticas (AN et al., 2021). São divididos em dois grupos: 1. flavonoides, representados por flavonóis, flavan-3-óis, proantocianidinas e antocianinas e; e 2. não flavonoides, que correspondem aos ácidos fenólicos e estilbenos (MA et al., 2019). A importância dos compostos fenólicos se deve aos benefícios para a saúde, caracterizando-se por propriedades anticancerígenas, anti-inflamatórias, cardioprotetoras, neuroprotetoras e antienvhecimento (FENG et al., 2021; UNUSAN, 2020).

Vários países, principalmente no hemisfério norte, têm a uva como importante produto agrícola seja para mesa ou para o processamento. No Brasil, a principal região produtora de uvas de mesa é a mesorregião do Submédio Vale do São Francisco, localizada na Região Nordeste, que tem área cultivada de 9.990 ha e produção de 457.000 t (IBGE 2022).

Como em outras regiões produtoras de uvas de mesa, a diversidade de cultivares tem sido uma estratégia para alcance e consolidação de mercados. Entre as novas cultivares de uvas de mesa lançadas nos últimos anos e inseridas na produção comercial, está ‘BRS Melodia’, que foi lançada em 2019 pelo programa de melhoramento genético da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Ritschel et al. (2021), relataram que a ‘BRS Melodia’ é uma uva de mesa vermelha, sem sementes, de textura firme, cacho pequeno, que não possui manchas e tem sabor *tutti-frutti*, com alto potencial de inserção no mercado externo. Para esta cultivar, é imprescindível um manejo para estímulo da coloração das bagas, pois possui pigmentação desuniforme que traz limitações à aparência dos cachos.

A pigmentação homogênea das bagas pode ser obtida por meio de reguladores vegetais que induzem a síntese das antocianinas (JU et al., 2022). Etefon, um indutor de etileno, e ácido abscísico são os sinalizadores mais aplicados em uvas tintas. Entretanto, trazem efeitos, como desgrane, aceleração da maturação e senescência e, em alguns casos, excesso de pigmentação, descaracterizando a cultivar (WANG et al., 2023). Desta forma, é importante dispor de outras técnicas ou indutores que permitam incremento da cor sem consequências adversas.

Os jasmonatos são oriundos da oxidação dos ácidos graxos das membranas, principalmente seu derivado volátil: metil jasmonato (MeJA) (WEI et al., 2021). O MeJA é um éster metílico volátil que atua na regulação de respostas de defesa da planta, aumentando a atividade das principais enzimas na rota dos compostos fenólicos (AN et al., 2021), como flavonona 3-hidroxilase (*F3H*), flavonide 3',5'-hidroxilase (*F3'5'H*), antocianidina sintase

(ANS) e flavonoide 3-*O*-glicosil transferase (*UFGT*) (Ma et al., 2019). A ação resulta no acúmulo dos compostos fenólicos, incluindo antocianinas (WEI et al., 2021; JU et al., 2022).

Ju et al. (2022) demonstraram que a aplicação de 10 mM de MeJA em uva ‘Cabernet Sauvignon’ promoveu o aumento da atividade de algumas enzimas, incluindo *F3'H*, *F3'5'H*, leucoantocianidina dioxigenase (*LDOX*) e *UFGT*. Os autores relataram também acúmulo expressivo dos teores de antocianinas e relacionaram o acúmulo dos compostos à atuação das enzimas que tiveram sua atividade aumentada, após a aplicação do MeJA, melhorando principalmente a coloração das bagas. Garde-Cérdan et al. (2023) relataram que a aplicação do MeJA induziu o acúmulo de diversos compostos fenólicos, especialmente os principais tipos de antocianinas encontrados nas uvas, como delphinidina, cianidina, malvidina e petunidina.

O uso do MeJA pode representar uma alternativa para assegurar uniformidade e intensidade de coloração e acúmulo de compostos fenólicos na uva ‘BRS Melodia’. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a influência da aplicação pré-colheita de MeJA na composição fenólica de uvas ‘BRS Melodia’, em duas safras consecutivas, no Semiárido brasileiro.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Tratamentos e Delineamento Experimental

A pesquisa foi realizada com uvas de mesa da cultivar BRS Melodia, em área de produção comercial na Fazenda Madre Terra, situada no município de Petrolina-PE, Brasil. As videiras com idade de 2 anos eram conduzidas em latada, sobre o porta-enxerto ‘IAC 572’, em espaçamento de 2,5 x 4 m, durante o ano de 2022. Foram avaliados dois ciclos de produção na mesma área: ciclo de produção 1, de 14 de abril (poda) a 20 de julho (colheita); ciclo de produção 2, de 16 de setembro (poda) a 21 de dezembro (colheita).

Foram realizadas aplicações do MeJA por pulverização dirigida aos cachos. As doses do MeJA e quantidades de aplicações foram definidas de acordo com pesquisas realizadas em uvas tintas em outras regiões (SAHOO et al., 2020; WANG et al., 2019).

As soluções, aplicadas em pulverizador costal elétrico, continham água destilada, Tween 80 (monooleato de sorbitan etoxilado 20 EO ou polisorbato 80) a 0,01% e MeJA (3-Oxo-2-(2-pentenyl) cyclopentaneacetic acid ou methyl ester Methyl 3-oxo-2-(2-pentenyl) cyclopentaneacetate), para ambos os ciclos.

No primeiro ciclo de produção, foram realizadas três aplicações com as doses 0, 10, 20, 30 e 40 mM de MeJA, realizadas com intervalos de sete dias. As pulverizações foram realizadas no início da mudança de coloração das uvas (aos 69 dias após a poda), em 22 de junho, e em

29 de junho e 07 de julho, sendo a colheita realizada em 20 de julho de 2022. Da primeira aplicação até a colheita decorreram 28 dias.

No segundo ciclo de produção, foram realizados ajustes nas doses, pois, no primeiro ciclo de produção, as menores mostraram respostas positivas em relação à pigmentação das bagas e estabilidade dos compostos. Foram aplicadas as doses 0, 5, 10, 15 e 20 mM de MeJA, em única aplicação, realizada em 21 de novembro de 2022, pois nesta data a coloração das uvas estava evoluindo. A colheita ocorreu no dia 21 de dezembro de 2022. No segundo ciclo de produção avaliado, desde a aplicação do MeJA até a colheita foram aproximadamente 30 dias. Em ambos os ciclos, os tratamentos foram aplicados nas mesmas plantas.

Os tratamentos foram aplicados durante o período da manhã no intervalo de 07:30 às 9:00 h. Os tratamentos culturais adotados no manejo das videiras seguiram as recomendações para a região. Os dados meteorológicos no período do estudo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados meteorológicos médios semanais, referentes aos dois ciclos produtivos do primeiro e segundo semestre do ano de 2022, desde a aplicação do metil jasmonato até a colheita da videira 'BRS Melodia'.

Período	T (°C)			UR (%)	Rad. (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	Vv (m.s ⁻¹)	Precip. (mm)	ET0 (mm.dia ⁻¹)
	Máx.	Med.	Mín.					
Médias semanais de 22 junho a 20 julho de 2022								
22 a 28/06	30,4	23,6	18,8	85,7	14,8	0,8	0	2,9
29 a 06/07	30,1	23,7	17,8	80,9	14,5	1,0	0	3,1
07 a 14/07	30,1	23,6	18,9	82,9	16,0	1,2	0	3,2
15 a 20/07	30,4	23,1	16,2	81,8	15,8	0,8	0	3,2
Média	30,3	23,5	17,9	82,8	15,3	0,9	0	3,1
Medias semanais de 21 novembro a 21 dezembro de 2022								
21 a 28/11	32,7	26,6	22,1	89,1	21,0	0,5	0	4,3
29 a 06/12	30,3	24,8	21,9	96,1	18,1	0,5	2,0	3,6
07 a 14/12	33,5	26,7	21,0	91,9	24,8	0,4	0	4,9
15 a 21/12	33,4	26,7	21,6	79,4	24,6	0,4	0	4,6
Média	32,5	26,2	21,6	89,1	22,1	0,4	0,5	4,3

T. Méd. = Temperatura média; T. Máx. = Temperatura máxima; T. Mín. = Temperatura mínima; UR = Umidade relativa do ar; Rad. = Radiação solar global; Vv = Velocidade do vento à altura de 2,0 m; Precip. = Precipitação pluviométrica acumulada mensal; ET0 = Evapotranspiração de referência. Fonte: Estação Agro meteorológica da Fazenda Vale das Uvas, Petrolina, PE (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2022). Dados em negrito representam as datas de aplicação do MeJA.

A colheita ocorreu quando as uvas atingiram a maturidade comercial (teor de sólidos solúveis com 17-18°Brix e acidez titulável entre 0,6-0,8 g de ácido tartárico 100 mL⁻¹). Após a colheita, as uvas foram transportadas em contentores forrados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, onde os cachos foram limpos, selecionados, embalados em sacos de polietileno, acondicionada em caixas de papelão ondulado e levados para armazenamento em câmara fria, a $0,8 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 1\%$ UR, durante 35 dias, seguidos de mais dois dias em câmara climatizada sob $24,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e $81 \pm 1\%$ UR.

No segundo ciclo de produção, as condições de armazenamento foram $0,7 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ e 85

$\pm 1\%$ UR, durante 35 dias, sendo que após essa data foram transferidos para câmara climatizada a $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\%$ UR até o 37º dia. Em ambos os ciclos, as uvas foram avaliadas aos 0, 28 e 37 dias de armazenamento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em fatorial 5×3 (dose de MeJA x tempo de armazenamento), com quatro repetições constituídas de três cachos cada uma. Cada ciclo de produção foi analisado separadamente.

4.2.2 Caracterização da maturidade das uvas

A maturidade das uvas foi determinada por meio do teor de sólidos solúveis e da acidez titulável, que são os indicadores usuais para essa fruta. O teor de sólidos solúveis foi obtido por meio da leitura direta um refratômetro digital (ATAGO, Digital Pocket Refractometer, modelo PAL⁻¹), sendo expresso em °Brix (AOAC, 2010). A acidez titulável (g ácido tartárico 100 mL^{-1}) foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1 N até a neutralização (AOAC, 2010). Os dados dessas variáveis no período de armazenamento avaliados estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios dos principais indicadores de maturidade da uva ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato, durante o armazenamento, em dois ciclos sucessivos de produção.

Ciclo de produção	Tempo de armazenamento (dias)	Dose de metil jasmonato				
		0 mM	10 mM	20 mM	30 mM	40mM
14 de abril a 20 de julho de 2022	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					
	0	16,5±0,0	17,8±0,0	17,3±0,0	17,2±0,1	17,0±0,0
	28	17,1±0,1	18,2±0,0	17,3±0,1	17,3±0,1	16,8±0,0
	37	16,9±0,1	18,2±0,1	17,5±0,1	17,3±0,0	17,0±0,0
	Acidez titulável (g ácido tartárico 100 mL ⁻¹)					
	0	0,82±0,07	0,72±0,01	0,77±0,04	0,75±0,02	0,75±0,04
	28	0,89±0,04	0,79±0,09	0,82±0,07	0,80±0,09	0,80±0,01
	37	0,86±0,01	0,73±0,05	0,79±0,05	0,76±0,04	0,78±0,05
	16 de setembro a 21 de dezembro de 2022	Teor de sólidos solúveis (°Brix)				
0		17,2±0,0	17,8±0,0	17,4±0,0	16,0±0,0	16,7±0,0
28		16,6±0,0	18,2±0,0	17,7±0,1	17,3±0,0	17,6±0,1
37		16,5±0,1	17,7±0,0	17,5±0,0	17,4±0,0	17,4±0,0
Acidez titulável (g ácido tartárico 100 mL ⁻¹)						
0		0,67±0,02	0,61±0,03	0,59±0,01	0,53±0,04	0,56±0,05
28		0,80±0,04	0,74±0,04	0,74±0,03	0,74±0,02	0,76±0,03
37		0,78±0,01	0,76±0,05	0,73±0,07	0,71±0,05	0,76±0,04

Média ± desvios-padrão.

4.2.3 Caracterização do perfil fenólico por *HPLC-DAD-FD*

O perfil fenólico da uva ‘BRS Melodia’ foi determinado em amostras de cascas liofilizadas. Após liofilização, as cascas foram trituradas em nitrogênio líquido para extração em solução de metanol a 50% (primeira solução extratora), que foi homogeneizada e mantida em repouso por 1 h, seguida de centrifugação a 15,000 rpm × g por 15 min.

O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico e ao precipitado foi adicionada acetona a 70% (segunda solução extratora), que permaneceu em repouso por mais 1 h. A mistura foi centrifugada a 15,000 x g por 15 min, sendo o segundo sobrenadante misturado ao primeiro para obtenção do extrato (LARRAURI et al., 1997).

O extrato foi filtrado utilizando filtro de náilon de 0,45 mm. Do filtrado, 1,5 mL foi transferido para tubos eppendorf e concentrados em concentrador por aproximadamente 3 horas. O extrato concentrado foi ressuspenso em ácido fosfórico a 1% em vial âmbar para leitura em cromatógrafo líquido de alta eficiência (Waters Alliance 2695, Milford, MA, EUA).

A caracterização do perfil fenólico seguiu condições de injeção, gradientes de solventes e identificação dos compostos, conforme métodos validados por Natividade et al. (2013) e Costa et al. (2020), utilizando-se detector de arranjo de diodos Waters 2998 (DAD) e detector de fluorescência Waters 2475 (FD).

A aquisição e o processamento dos dados foram realizados utilizando o software Waters Empower™. Foram analisados os seguintes padrões comerciais com grau de pureza $\geq 98\%$: o ácido fenólico nomeado de ácido caftárico (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA); os estilbenos quantificados foram o *trans*-resveratrol, *cis*-resveratrol e piceatanol; os flavonóis foram kaempferol-3-*O*-glicosídeo, isoquercetina, isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo, miricetina e rutina; os flavan-3-óis analisados incluíram (+)-catequina, (-)-epicatequina, (-)-epicatequina galato, (-)-epigallocatequina galato; as proantocianidinas foram procianidina A2, procianidina B1 e procianidina B2; e as antocianinas incluíram calistefina (pelargonidina-3-*O*-glicosídeo-cloreto), cianina (cianidina-3,5-di-*O*-glicosídeo), curomanina (cianidina-3-glicosídeo-cloreto), mirtilina (delfinidina-3-glicosídeo-cloreto), oenina (malvidina-3-glicosídeo-cloreto) e petunidina (peonidina-3-*O*-glicosídeo-cloreto) (Extrasynthese, Genay, França). Soluções estoque de cada padrão foram preparadas em metanol.

Os compostos foram separados em coluna Gemini NX C-18 (150 mm × 4,6 mm × 3 μm Phenomenex®, Torrance, CA), adotando-se, como fase móvel, um gradiente com uma mistura entre o solvente solução de ácido fosfórico a 1% (A) e acetonitrila (B) (HPLC grade, J.T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA) com vazão de 0,5 mL min⁻¹. A temperatura do forno foi de 40 °C. O

gradiente inicial de 100% do solvente A foi ajustado para 93% do solvente A e 7% do solvente B em 20 min; 90% de solvente A e 10% de solvente B em 20 min; 88% de solvente A e 12% de solvente B em 30 min; 77% de solvente A e 23% de solvente B em 45 min; 65% de solvente A e 35% de solvente B em 45 min; e 100% de solvente B em 55 min (Natividade et al., 2013). O procedimento adicionou extração e quantificação de ácido caftárico, *cis*-resveratrol e piceatanol que foram validados por Costa et al. (2020), ampliando o método original.

O HPLC foi acoplado a DAD e FLD em uso simultâneo, injetando-se 40 µL de amostra no tempo de execução de 60 min, para a caracterização dos compostos químicos. No primeiro, foram realizadas leituras nos comprimentos de onda de 280 nm [*cis*-resveratrol, (-)-epicatequina galato, (-)-epigalocatequina galato], 320 nm [ácido caftárico e piceatanol], 360 nm [kaempferol-3-*O*-glicosídeo, isoquercetina, isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo, miricetina e rutina] e 520 nm [calistefina, cianina, curomanina, mirtalina, oenina e petunidina].

A detecção de (+)-catequina, (-)-epicatequina, procianidina A2, procianidina B1 e procianidina B2 foi feita em FLD. A excitação ocorreu em 280 nm e a emissão, em 320 nm.

4.2.4 Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto à distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk, utilizando o programa estatístico R, versão 4.3.1. Os dados com pressuposto de normalidade, diretamente ou após transformação, foram submetidos à análise de variância, considerando-se cada ciclo de produção em separado. As transformações adotadas, conforme a variável, foram \sqrt{x} , $\log x$ e $\ln x$.

Quando houve significância estatística, os efeitos de doses de MeJA e da interação entre os fatores foram analisados por regressão polinomial, em que foram admitidas equações de primeiro grau, desde que os coeficientes da equação tenham sido significativos e o coeficiente de determinação (R^2) tenha sido igual ou maior que 0,70. Os dados que não apresentaram distribuição normal, nem mesmo após transformação, foram representados, por meio da estatística descritiva, utilizando suas médias e desvios-padrões.

4.3 RESULTADOS

A aplicação do MeJA como indutor da coloração representa uma possibilidade nova para as uvas de mesa, não havendo relatos para a cultivar BRS Melodia, particularmente detalhando a composição fenólica. Este estudo detectou no primeiro ciclo de produção os seguintes compostos: o ácido fenólico denominado ácido caftárico; os estilbenos *trans*-

resveratrol, *cis*-resveratrol e piceatanol; os flavonóis identificados foram kaempferol-3-*O*-glicosídeo, isoquercetina, isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo e rutina; (-)-epicatequina galato, (-)-epigallocatequina galato, (+)-catequina e (-)-epicatequina, como flavan-3-óis; as proantocianidinas identificadas foram procianidina A2 e procianidina B2; e antocianinas calistefina, cianina, curomanina, mirtilina e petunidina. No segundo ciclo de produção, foram detectados os compostos: o ácido fenólico ácido caftárico; os estilbenos denominados *cis*-resveratrol e piceatanol; os flavonóis foram kaempferol-3-*O*-glicosídeo, isoquercetina, isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo, miricetina e rutina; os flavan-3-óis (-)-epicatequina galato, (+)-catequina e (-)-epicatequina; procianidina B1 e procianidina B2 como proantocianidinas; e as antocianinas calistefina, cianina, curomanina, mirtilina, oenina e petunidina. A aplicação de MeJA na uva ‘BRS Melodia’ resultou em detecção de maior quantidade de compostos no ciclo de produção 1 em relação ao 2, sendo que os valores médios variaram ao longo dos ciclos e do período de armazenamento. Desta forma, a influência do ciclo de produção, tempo de armazenamento e doses do MeJA na composição fenólica da uva ‘BRS Melodia’ enfatiza a importância da caracterização e quantificação desses compostos bioativos.

O teor de ácido caftárico sofreu influência da interação significativa entre as doses e o tempo de armazenamento no ciclo de produção 1 (Figura 1A). Nas uvas recém-colhidas, os teores desse ácido foram maiores quando se adotou a aplicação do MeJA, sendo até 317% maior quando se aplicou 40 mM. Aos 28 dias de armazenamento, foram observados os maiores teores médios, nas uvas tratadas com as doses de 10 e 30 mM de MeJA, correspondendo a 68,75 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 54,38 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente. Com o prolongamento do armazenamento, a resposta geral foi de redução nos teores em todas as uvas tratadas com MeJA. Essa resposta sugere relação com a utilização dos ácidos fenólicos como substratos para a síntese de outros compostos fenólicos.

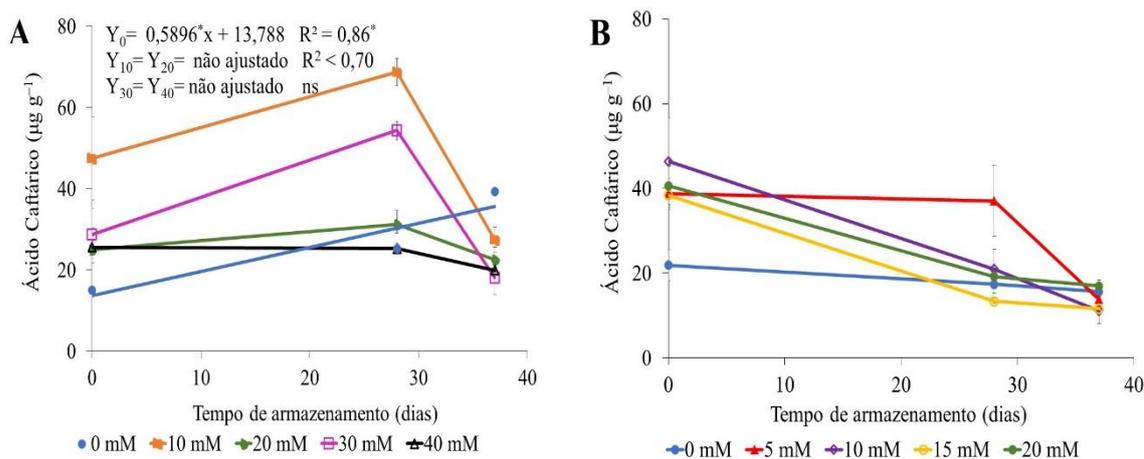


Figura 1 - Teores de ácido caféico de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\%UR$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\%UR$ por mais dois dias. Em B, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\%UR$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\%UR$ por mais dois dias. Em A, os dados da variável foram analisados após transformados em $\log x$. Em B, os dados da variável não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. *Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$.

No ciclo de produção 2, os dados de ácido caféico não apresentaram distribuição normal (Figura 1B). No dia da colheita, as uvas que receberam doses de MeJA apresentaram valores superiores ao controle, com destaque para as tratadas com a dose de 10 mM, cujo teor médio foi de $46,43$ e $40,63 \mu\text{g g}^{-1}$. No 28º dia, a dose de 5 mM promoveu maior acúmulo, com valor de $37,05 \mu\text{g g}^{-1}$. Ao final do armazenamento, observou-se redução dos teores desse ácido fenólico para todos os tratamentos, à semelhança do observado no primeiro ciclo de produção.

Na casca da cultivar ‘BRS Melodia’ no ciclo de produção 1, foram detectados os estilbenos: *trans*-resveratrol, *cis*-resveratrol e piceatanol (Figura 2A, 2B e 2D). O composto *trans*-resveratrol não foi detectado no dia da colheita, sendo seus maiores teores observados nas uvas tratadas com 30 e 40 mM de MeJA, ao 28º dia de armazenamento (Figura 2A). Como os dados de *trans*-resveratrol, os do *cis*-resveratrol também não apresentaram distribuição normal (Figura 2B), sendo apresentados seus teores médios. Por meio destes, observou-se que as uvas tratadas com as doses de 20 e 40 mM de MeJA exibiram os maiores teores ao final do período de armazenamento, com valores médios de $5,00$ e $5,63 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente, ao 37º dia de armazenamento (Figura 2B). Para o piceatanol, os maiores teores foram observados nas uvas tratadas com a dose de 20 mM, ao final do armazenamento, com valor médio de $3,75 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 2D). Pode-se observar que os teores de piceatanol foram superiores ao do *cis*-resveratrol, no ciclo de produção 1.

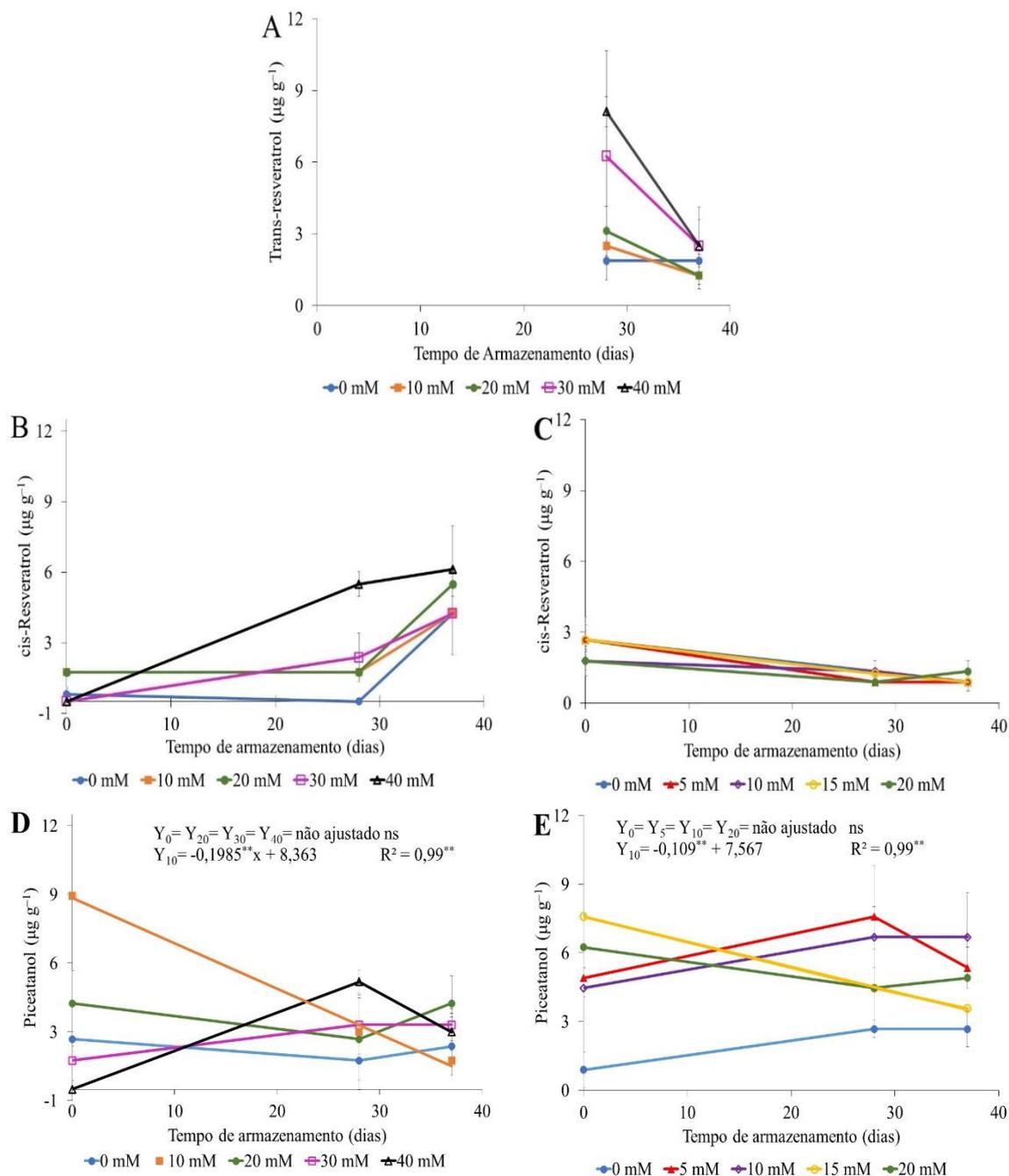


Figura 2 - Teores de *trans*-resveratrol (A), de *cis*-resveratrol (B e C) e de piceatanol (D e E) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, B e D, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em C e E, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em A, B e C, os dados das variáveis não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. Em D, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$.

No ciclo de produção 2, foram quantificados, como estilbenos, o *cis*-resveratrol e o piceatanol (Figura 2C e 2E). Apesar de os dados não apresentarem distribuição normal, a análise dos desvios-padrões permite reconhecer que as uvas tratadas com 20 mM de MeJA tiveram maiores teores médios ao final do armazenamento: 1,34 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 2C). Para o piceatanol, os maiores teores foram observados nas uvas do controle (Figura 2E). As uvas tratadas com as doses de 5, 10 e 20 mM do MeJA caracterizaram-se pelo maior acúmulo ao final do período de armazenamento (Figura 2F). Os valores relatados neste ciclo, para o piceatanol, foram superiores aos do *cis*-resveratrol.

Na uva ‘BRS Melodia’, os flavonóis detectados no ciclo de produção 1 foram kaempferol-3-*O*-glicosídeo, isoquercetina, isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo e rutina (Figuras 3A, 3C, 4A e 4C), respectivamente. As uvas do controle apresentaram, em média, os menores teores de flavonóis, nos tempos avaliados. A aplicação de MeJA proporcionou maiores teores de kaempferol-3-*O*-glicosídeo, com destaque para as uvas tratadas com 20 e 30 mM, cujos teores aumentaram com o tempo, particularmente a primeira, ao 37º dia de armazenamento, que atingiu 53,75 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 3A). A dose de 20 mM proporcionou os maiores teores de isoquercetina com média de 1011,25 $\mu\text{g g}^{-1}$ no 37º dia de armazenamento (Figura 3C). O tratamento das uvas com 20 e 40 mM de MeJA resultou em maiores teores de isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo ao longo do armazenamento, particularmente a dose de 20 mM, ao 37º dia de armazenamento, com valor de 25,63 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 4A). As uvas tratadas com 10 mM revelaram maiores teores de rutina durante o armazenamento, com destaque para os valores médios de 22,50 $\mu\text{g g}^{-1}$ no dia da colheita (Figura 4C). Durante o armazenamento, ocorreram variações dos teores dos compostos detectados, tendo em vista que a aplicação do MeJA promoveu acúmulo de antocianinas, ainda que, neste ciclo, ainda não estavam completamente uniformes, o que pode ter influenciado os valores ao longo do armazenamento, considerando que a síntese de antocianinas influencia os demais compostos flavonoides. O flavonol presente em maior quantidade na uva ‘BRS Melodia’ foi a isoquercetina.

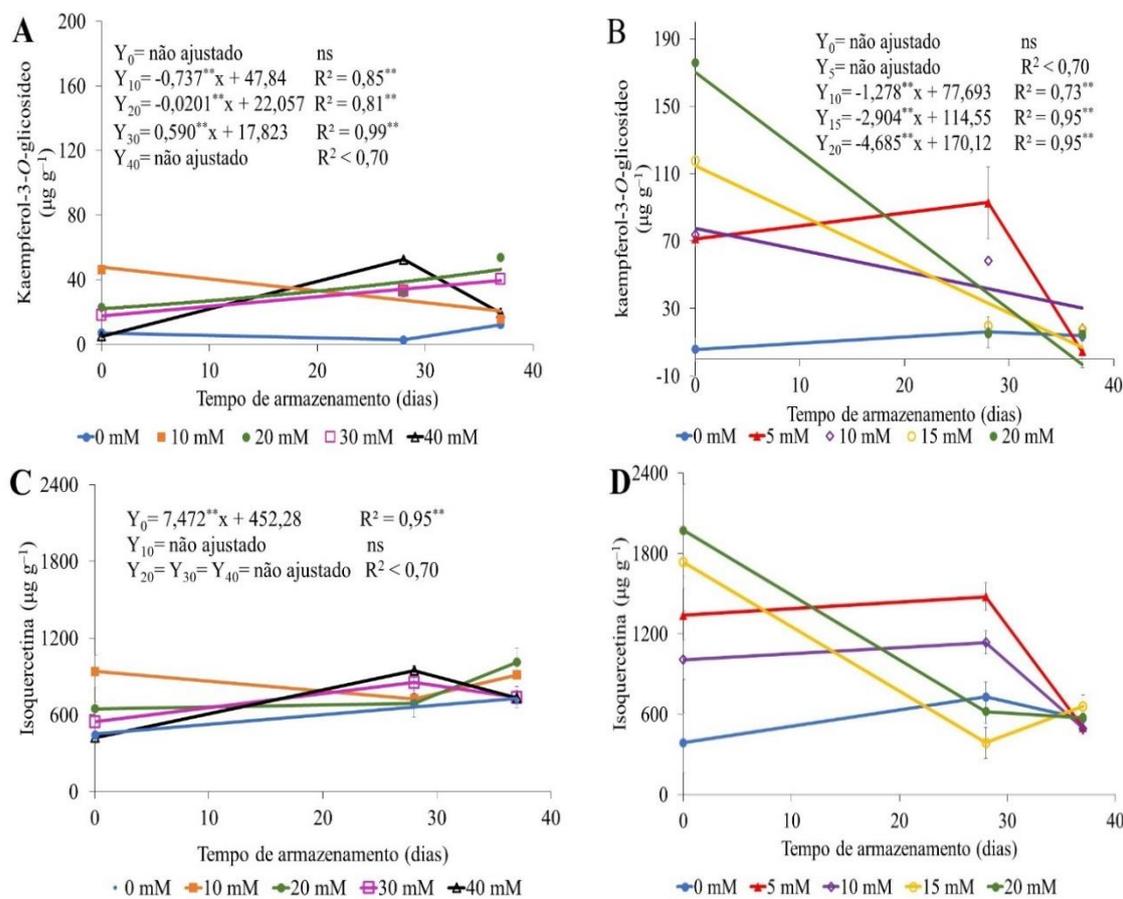


Figura 3 - Teores de kaempferol-3-O-glicosídeo (A e B) e de isoquercetina (C e D) de uvas 'BRS Melodia' sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em D, os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$.

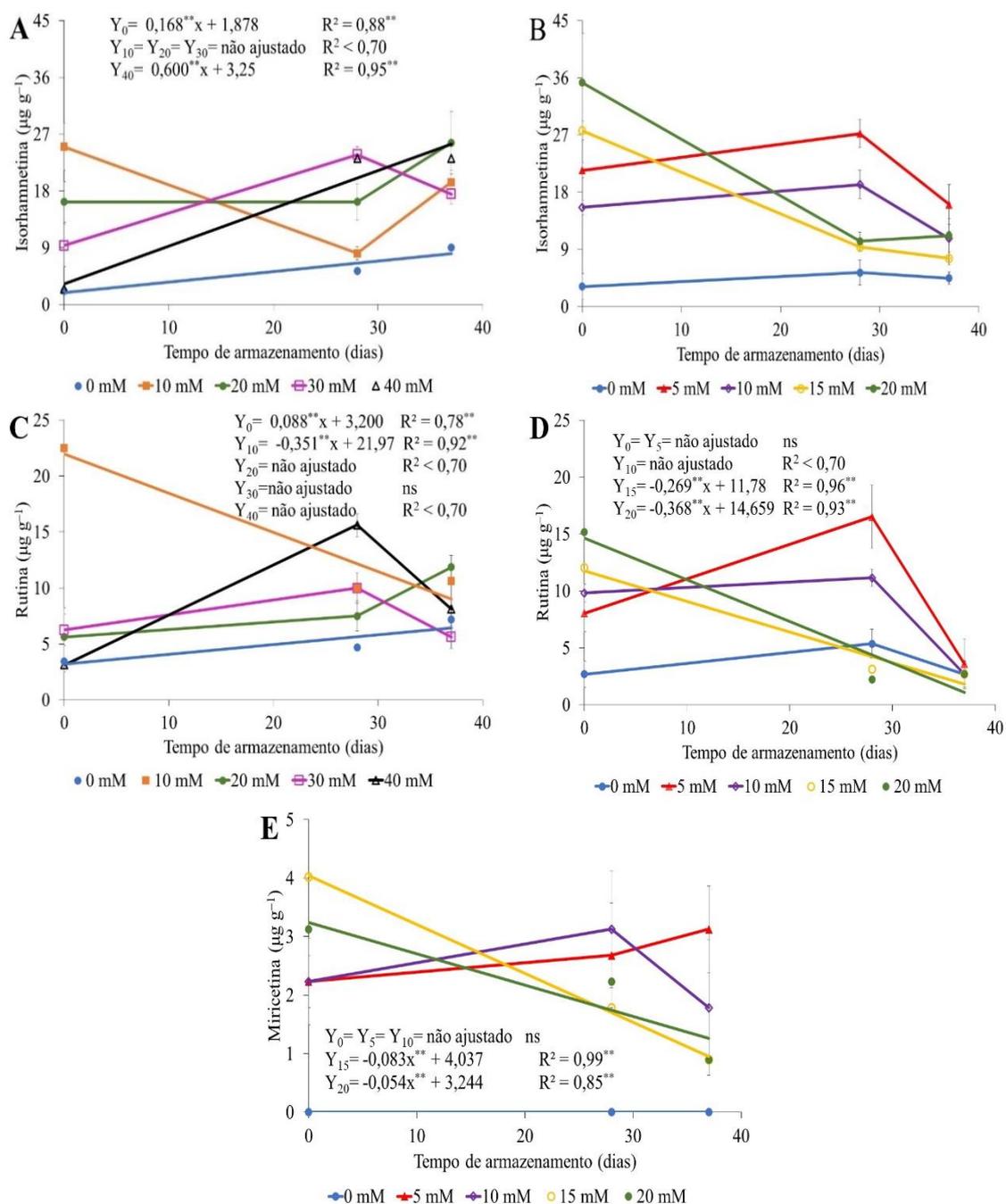


Figura 4 - Teores de isorhamnetina (A e B), rutina (C e D) e de miricetina (E) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e E, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. Em D, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$.

No ciclo de produção 2, foram quantificados os flavonóis kaemferol-3-*O*-glicosídeo, isoquercetina, isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo, rutina e miricetina (Figuras 3A, 3C, 4A, 4C e 4E).

A isoquercetina foi o flavonol presente em maior abundância da uva 'BRS Melodia'. Os dados desse composto, assim como de isorhamnetina, não apresentaram distribuição normal. Para os cinco compostos flavonóis quantificados nesse ciclo, os teores foram maiores nas uvas tratadas que nas do controle, por ocasião da colheita, com destaque para as doses 15 e 20 mM. Particularmente, a miricetina não foi detectada no tratamento controle (Figura 4E). A partir da data da colheita, os teores dos compostos desse grupo diminuíram de forma que, ao final do armazenamento, para isoquercetina e rutina, equivaleram-se entre os tratamentos (Figuras 3D e 4D). Com o prolongamento do armazenamento, as uvas tratadas com 10 mM tiveram maiores teores médios de kaemferol-3-*O*-glicosídeo comparadas às demais (Figura 3B). Ao 37º dia, as uvas tratadas exibiram teores isorhamnetina e miricetina equivalentes entre si e superiores aos do controle (Figura 4B e 4E). Os maiores teores dos flavonóis kaemferol-3-*O*-glicosídeo, isoquercetina, isorhamnetina-3-*O*-glicosídeo e rutina foram observados nas uvas tratadas com a dose de 5 mM de MeJA, ao 28º dia, sendo de 92,86; 1477,23; 27,23 e 16,52 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente (Figuras 3B, 3D, 4B e 4D).

No ciclo de produção 2, os teores dos flavonóis foram maiores que no primeiro. É possível que as menores dosagens utilizadas no ciclo de produção 2 ou as condições climáticas, principalmente altas temperaturas, com médias de 32,5°C, e radiação solar global de 22,1 $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, tenham aumentado a expressão de genes que codificam a atividade das principais enzimas envolvidas no acúmulo dos flavonóis, estimulando esta síntese na videira em resposta ao estresse ambiental. Por sua vez, a temperatura de armazenamento praticada ao final do período estudado pode ter influenciado o consumo ou degradação desses compostos na uva.

Os resultados revelaram respostas particulares entre os flavan-3-óis. No ciclo de produção 1, foram detectados os compostos (+)-catequina, (-)-epicatequina, (-)-epicatequina galato e (-)-epigallocatequina galato (Figuras 5A, 5C, 5E e 6). Os flavan-3-óis mais abundantes foram (+)-catequina e (-)-epigallocatequina galato. A dose de 10 mM proporcionou maior acúmulo de (+)-catequina durante o período, com teor máximo de 48,13 $\mu\text{g g}^{-1}$, aos 37 dias de armazenamento (Figura 5A). A aplicação das doses de 10 e 40 mM de MeJA promoveu maiores teores de (-)-epicatequina ao final do armazenamento, com valor médio de 13,13 $\mu\text{g g}^{-1}$, para ambos os tratamentos, aos 37 dias de armazenamento (Figura 5C). Na ocasião da colheita, todos os tratamentos com MeJA incrementaram os teores de (-)-epicatequina em comparação ao controle. Os teores médios de (-)-epicatequina galato foram maiores, ao longo do armazenamento, nas uvas tratadas com MeJA, destacando as doses de 30 e 40 mM, cujos valores foram de 6,25 e 5,63 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente, aos 37 dias de armazenamento (Figura

5E). Por sua vez, a dose de 10 mM promoveu maior acúmulo do teor de (-)-epigalocatequina galato nas uvas tratadas, atingindo $51,88 \mu\text{g g}^{-1}$ no 37.º dia de armazenamento (Figura 5D).

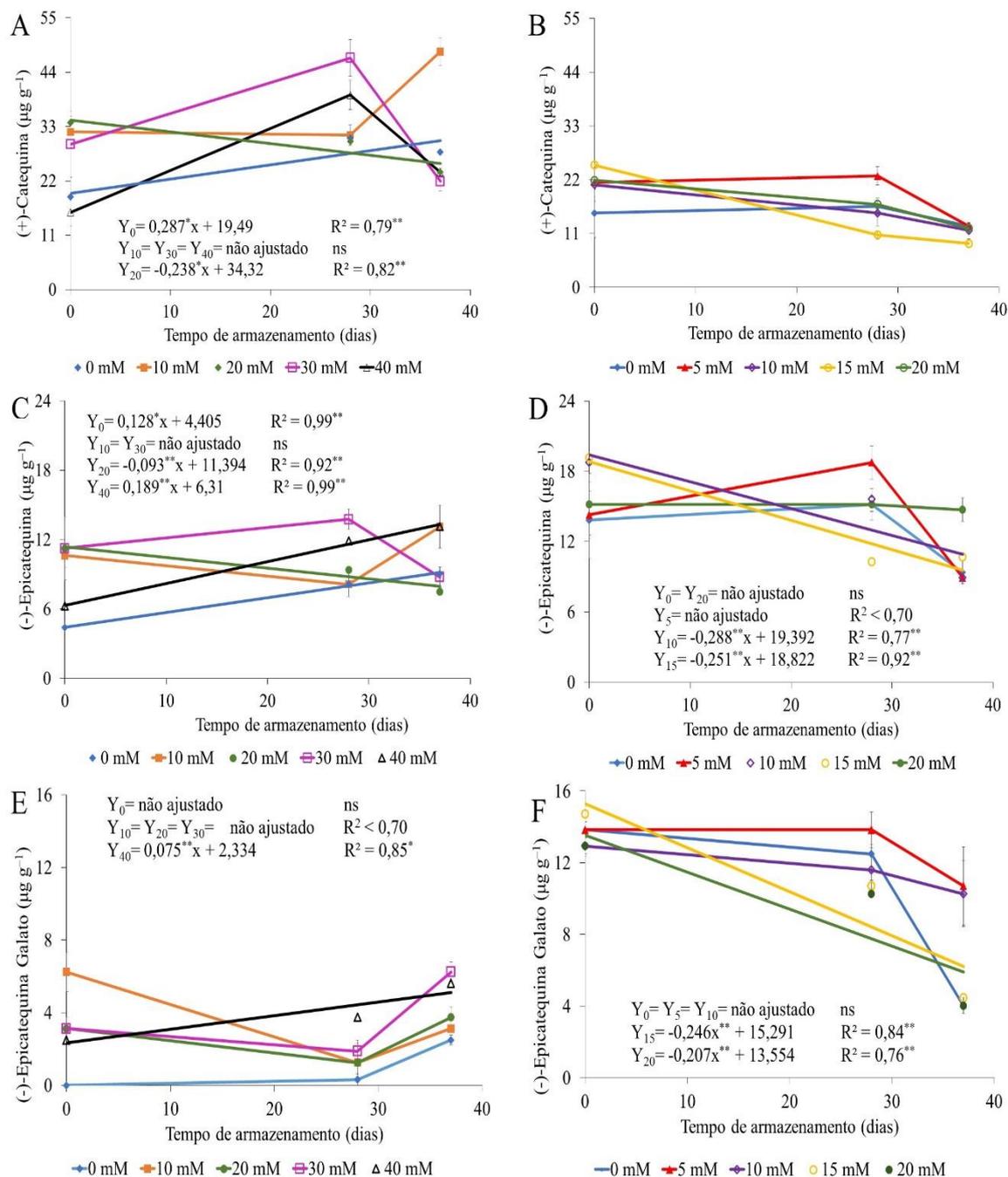


Figura 5 - Teores de (+)-catequina (A e B), (-)-epicatequina (C e D) e (-)-epicatequina galato (E e F) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, C e E, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e F, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em A e E, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . Em B, os dados não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. * e ** Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

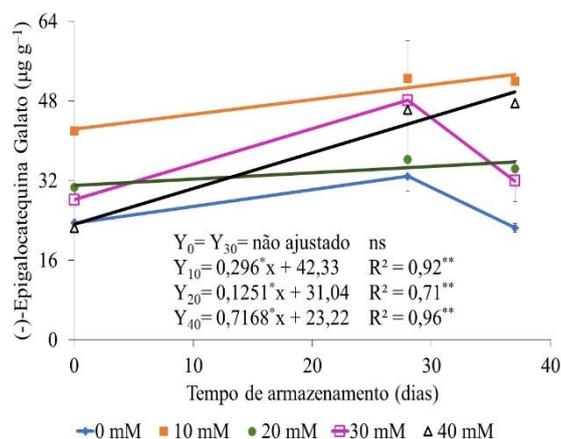


Figura 6 - Teores de (-)-epigallocatequina galato de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. * e **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

No ciclo de produção 2, foram detectados os seguintes compostos da classe dos flavan-3-óis: (+)- catequina, (-)- epicatequina e (-)- epicatequina galato (Figura 5B, 5D e 5F). Os dados de (+)-catequina não apresentaram distribuição normal, sendo que os valores médios indicaram, por ocasião da colheita, maiores teores nas uvas tratadas com MeJA, mas sofrem decréscimo a partir daí (Figura 5B). A redução mais tardia dos teores ocorreu nas uvas tratadas com 5 mM. Para (-)-epicatequina, as uvas tratadas nas doses de 20 mM de MeJA promoveram as maiores médias ao longo do armazenamento, com valores de $14,73 \mu\text{g g}^{-1}$, aos 37 dias de armazenamento (Figura 5D). As doses de 5 e 10 mM de MeJA promoveram os maiores teores médios de (-)- epicatequina galato nas uvas tratadas, com valores de $10,71$ e $10,27 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente, no 37º dia de armazenamento. Neste ciclo, os teores dos flava-3-ol detectados foram menores que os encontrados no primeiro. Os fatores doses aplicadas e condições climáticas predominantes podem ter influenciado a composição química.

As proantocianidinas detectadas nas uvas ‘BRS Melodia’ durante o ciclo de produção 1 foram procianidina A2 e procianidina B2 (Figura 7A e 7C). Durante o armazenamento e para a procianidina A2, as uvas do controle apresentaram os menores teores e aquelas tratadas com a dose de 40 mM de MeJA tiveram os maiores teores, com valor médio de $8,75 \mu\text{g g}^{-1}$, no 37º dia (Figura 7A). A procianidina B2 foi a mais abundante neste ciclo, observando-se os maiores teores nas uvas tratadas com a dose de 10 mM de MeJA, com valor de $28,75 \mu\text{g g}^{-1}$, no 37º dia, após considerável redução comparada ao valor inicial (Figura 7C). Com o prolongamento do período de armazenamento, as perdas observadas nos teores de procianidina B2, assim como em outros compostos avaliados, precisam ser melhor estudados, verificando-se se as condições agrometeorológicas predominantes em campo ou a mudança no ambiente em que as uvas estão

armazenadas são fatores que disparam o processo ou se há outros elementos determinantes. Ainda, os eventos que determinam prevalência de algumas rotas sobre outras, em particular quanto há precursores em comum, traria clareza em relação a acúmulos, degradações ou conversões entre compostos químicos de uma mesma classe.

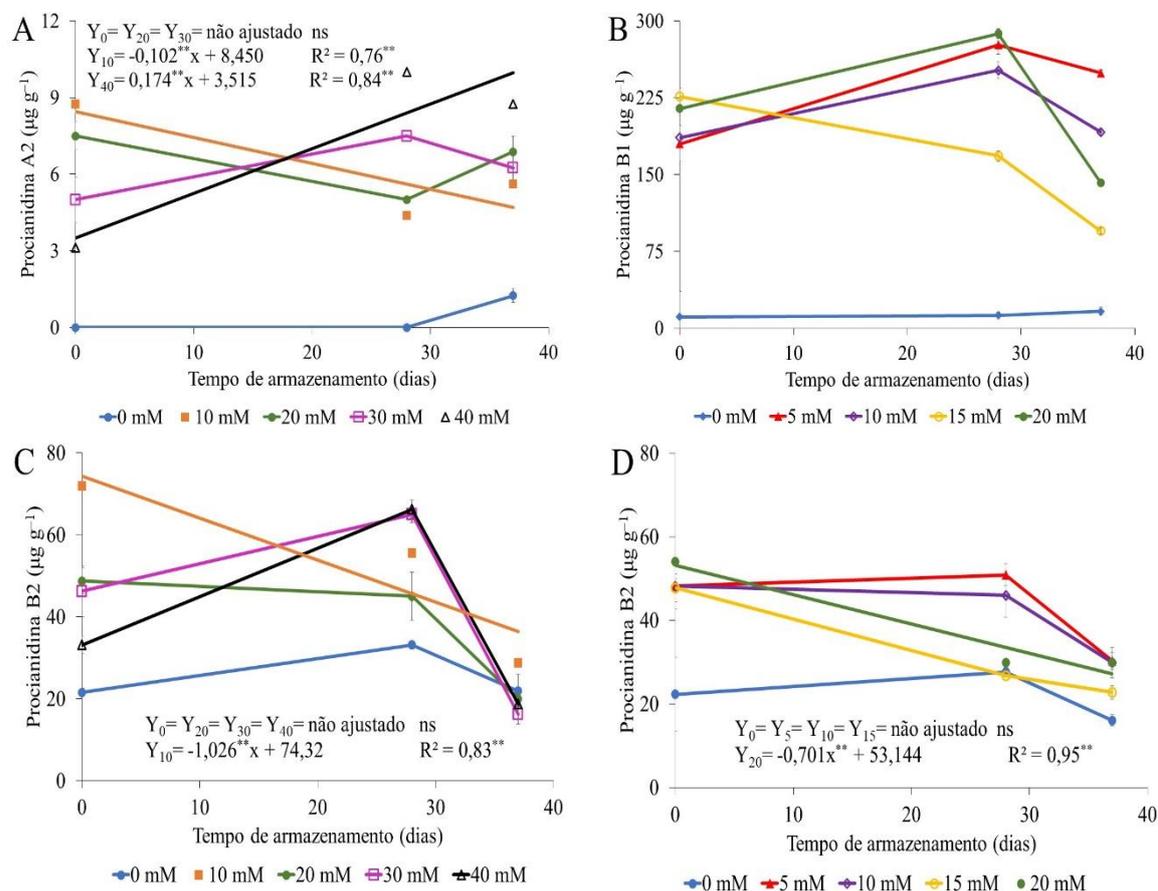


Figura 7 - Teores de procianidina A2 (A), procianidina B1 (B) e procianidina B2 (C e D) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1,3^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B e D, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, os dados da variável não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$.

No ciclo de produção 2 foram detectadas a procianidina B1 e a procianidina B2 (Figuras 7B e 7D). As uvas do controle apresentaram os menores teores de procianidina B1, sendo está a principal proantocianidina detectada na casca das uvas ‘BRS Melodia’ nesse ciclo. A partir dos valores das médias e desvios-padrões, constatou-se variações nos teores das uvas tratadas com MeJA em relação ao controle de, no mínimo, oito vezes até, no máximo, 22 vezes, ao longo do período de estudo. As uvas tratadas com a dose de 5 mM de MeJA responderam com os maiores teores ao final do período de armazenamento: $249,11 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 7B). Os

tratamentos com 5, 10 e 15 mM de MeJA proporcionaram maiores teores de procianidina B2 ao final do período de armazenamento, com valores de 30,36; 29,91 e 29,91 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente (Figura 7D). Assim como documentado no ciclo de produção 1, os teores de procianidina B2 diminuíram, principalmente ao final do período de armazenamento. Esta resposta que ocorreu para vários compostos fenólicos detectados neste estudo, pode estar associada à maior temperatura de acondicionamento das frutas, nesta ocasião. Porém, os tratamentos com MeJA resultaram em maiores teores de procianidina B2, nas uvas armazenadas por 37 dias.

As antocianinas correspondem ao principal grupo de compostos fenólicos determinados na uva 'BRS Melodia', uma vez que são responsáveis pela cor vermelha da baga. No ciclo de produção 1, as antocianinas quantificadas foram calistefina, cianina, curomanina, mirtilina e petunidina (Figuras 8A, 8C, 8E, 9A e 9C). A amostra controle apresentou os menores teores para todos os tipos de antocianinas detectadas. Os dados de calistefina, mirtilina e petunidina não apresentaram distribuição normal, mas observou-se um aumento substancial nos teores em decorrência da aplicação do MeJA. Os compostos calistefina e mirtilina não foram detectados nas uvas que não receberam aplicação de MeJA. Para os demais tipos de antocianinas detectadas, os teores no controle foram limitados. Por outro lado, as uvas tratadas com a dose de 40 mM de MeJA exibiram os maiores teores de cianina, curomanina, petunidina e mirtilina com o prolongamento do armazenamento, com valor médio de 38,75; 1198,75; 427,50 e 37,50 $\mu\text{g g}^{-1}$, no 37º dia (Figuras 8B, 8E, 9A e 9C). Por ocasião da colheita, foram os tratamentos com 10, 20 e 30 mM que resultaram em maiores teores para todos os tipos de antocianinas detectadas no ciclo de produção 1.

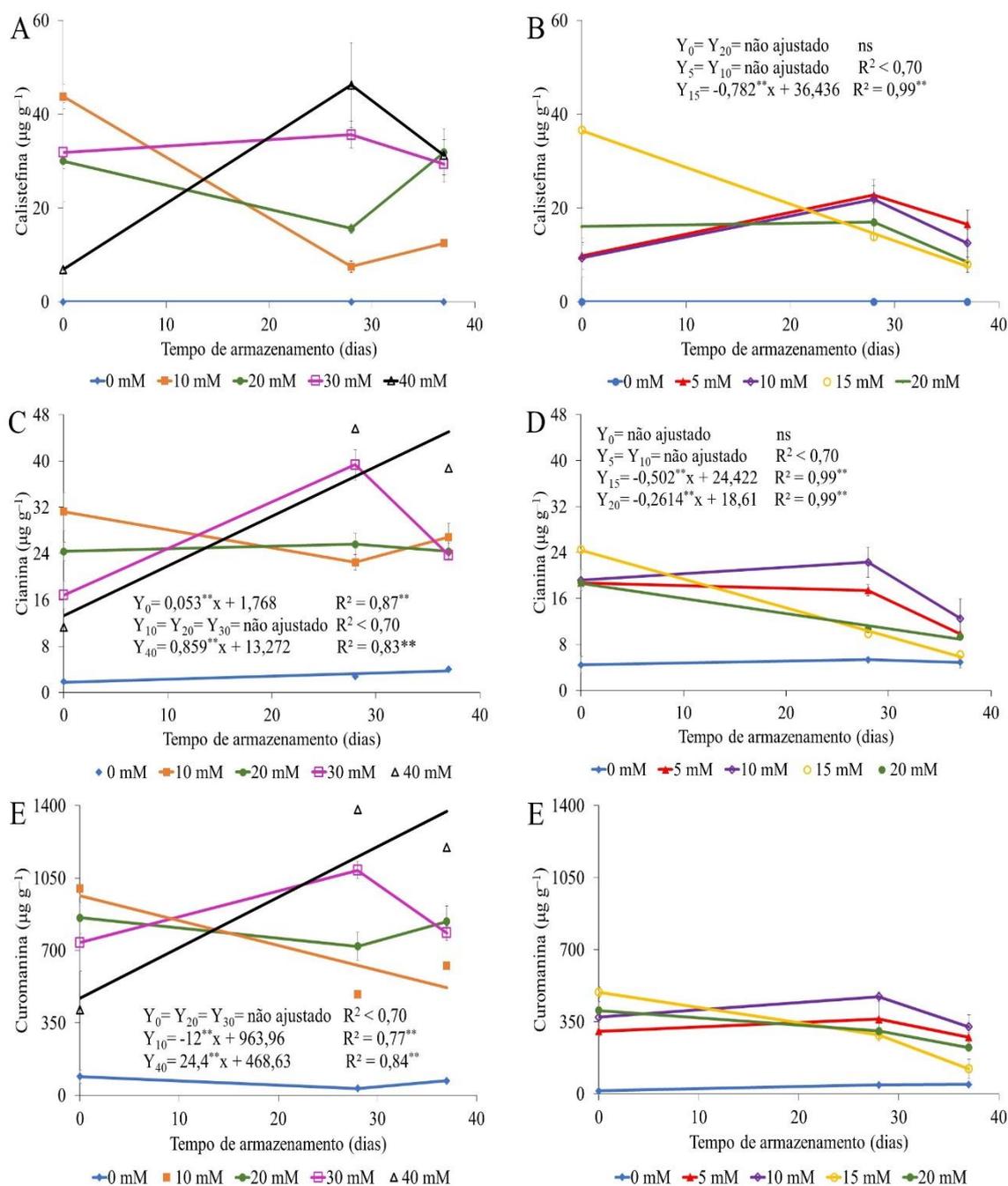


Figura 8 - Teores de calistefina (A e B), cianina (C e D) e curomanina (E e F) na casca de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A, C e E, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e F, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em A e F, os dados da variável não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. Em C e E, os dados da variável foram analisados após transformados em \sqrt{x} . **Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$.

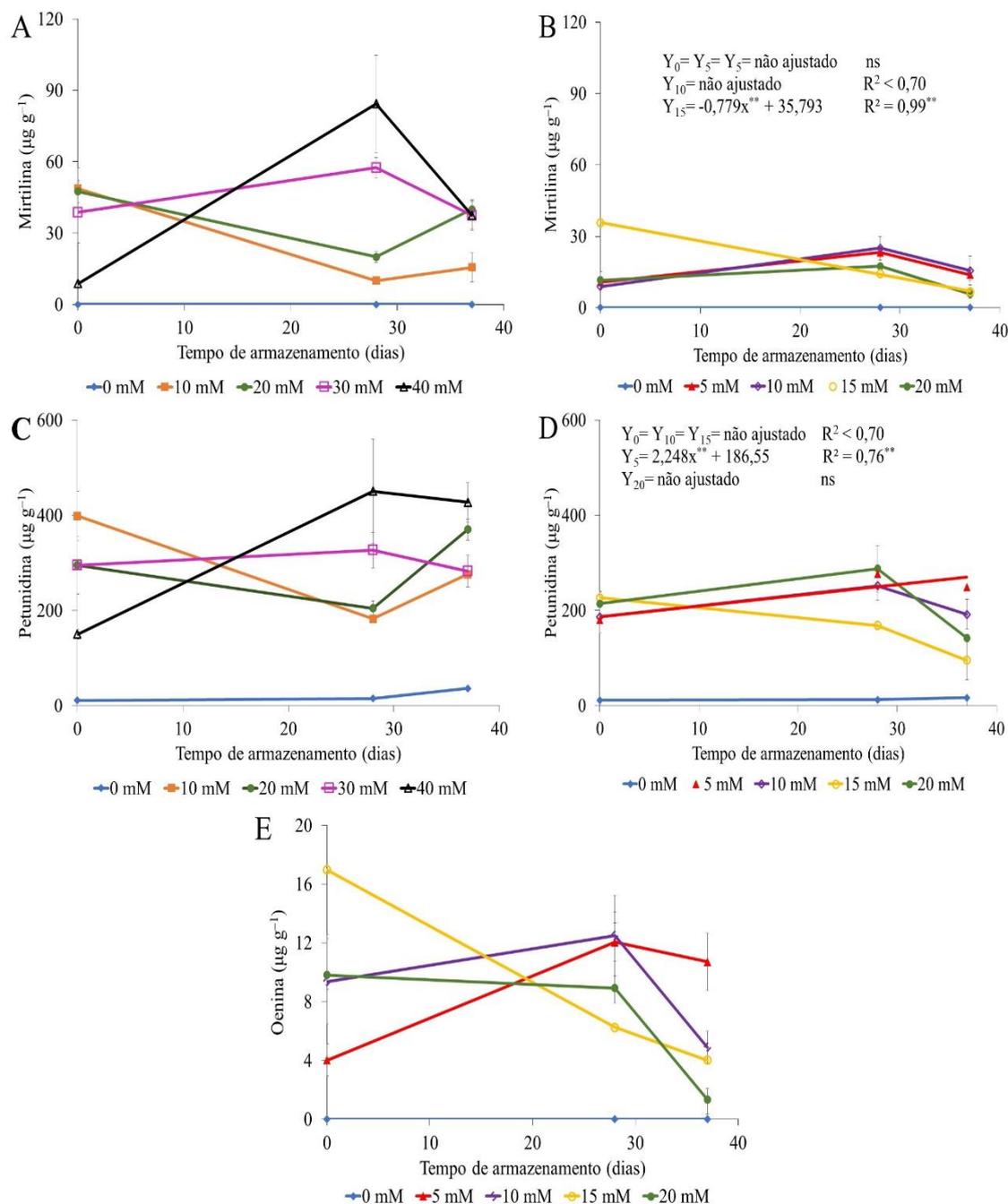


Figura 9 - Teores de mirtilina (A e B), petunidina (C e D) e oenina (E) de uvas ‘BRS Melodia’ sob influência de doses de metil jasmonato e do tempo de armazenamento, em dois ciclos de produção sucessivos. Em A e C, estão representados os valores observados no primeiro ciclo de produção (14 de abril a 20 de julho de 2022), sob armazenamento a $0,8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias e seguido de $24,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em B, D e E, estão os dados do segundo ciclo de produção (16 de setembro a 21 de dezembro de 2022), tendo as uvas sido armazenadas a $0,7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $85 \pm 1\% \text{UR}$, durante 35 dias, e seguido de $24,2 \pm 0,6^\circ\text{C}$ e $81 \pm 1\% \text{UR}$ por mais dois dias. Em A, C e E, os dados das variáveis não apresentaram distribuição normal, tendo sido representados por suas médias e desvios-padrões. ******Significância estatística pelo teste t, a $p < 0,01$.

As antocianinas detectadas no ciclo de produção 2 foram calistefina, cianina, curomanina, mirtilina, petunidina e oenina (Figura 8B, 8D, 8F, 9B, 9C e 9E). Os dados dos compostos curomanina e oenina não apresentaram distribuição normal. As doses de 5 e 10 mM

de MeJA promoveram maiores teores de calistefina, cianina, curomanina, mirtilina e petunidina, apenas ao final do armazenamento. A aplicação de 15 mM manteve resposta uniforme de redução nos teores das antocianinas detectadas nas cascas da uva ‘BRS Melodia’.

Em ambos os ciclos de produção, curomanina e petunidina foram as antocianinas presentes em maior quantidade, sendo determinantes para a coloração da uva ‘BRS Melodia’, ainda que os teores dos compostos antociânicos detectados no segundo ciclo tenham sido menores em relação ao primeiro (Figuras 8E, 8F, 9C e 9D). As uvas que não receberam aplicação de MeJA apresentaram os menores teores de todos os tipos de antocianinas detectadas durante o período avaliado. Não foram detectados os compostos calistefina e mirtilina, nos frutos controle, em ambos os ciclos de produção. Além de diferenças das doses testadas, as condições climáticas diferentes entre os ciclos de produção podem repercutir em menor síntese ou maior degradação/conversão desses compostos, bem como dos demais flavonoides.

4.4 DISCUSSÃO

A transcrição e a expressão de genes, bem como a síntese de enzimas relacionadas à rota dos metabólitos secundários, são induzidas pela aplicação do MeJA, resultando em maior acúmulo de compostos fenólicos específicos nas bagas (WEI et al., 2021; JU et al., 2022). Essas informações ainda não haviam sido relatadas para a uva ‘BRS Melodia’ cultivada em condições tropicais, mas os modelos disponíveis para outras cultivares podem apoiar o melhor entendimento das respostas observadas neste estudo.

A biossíntese de compostos fenólicos inicia-se com o aminoácido aromático fenilalanina, que é convertido em 4-cumaroil-CoA na sequência de reações catalisada pelas enzimas fenilalanina amônia liase (*PAL*), cinamato 4-hidroxilase (*C4H*) (LI et al., 2020), 4-cumarato-CoA ligase (*4CL*), chalcona sintase (*CHS*) e chalcona isomerase (*CHI*). Em seguida na rota, as enzimas *F3H* e *F3'5'H* convertem naringenina em dihidrokaempferol e dihidromirecetina (AN et al., 2021). Os compostos formados são convertidos em antocianinas pela atividade da diidroflavonol 4-redutase (*DFR*) e antocianina sintase (*ANS*), que converte *UDP*-glicose e flavonóide glicosil transferase (*UFGT*) em antocianina (MA et al., 2019).

A aplicação do MeJA na uva vermelha ‘BRS Melodia’ promoveu o acúmulo do ácido hidroxicinâmico denominado de ácido caftárico. Existem diferentes tipos de ácidos hidroxicinâmicos nas uvas, sendo que o mais comum é o ácido caftárico, que é um éster de ácido caféico combinado com ácido tartárico (DUTRA et al., 2023). Como tal, sua presença é esperada em uva, dada a abundância de ácido tartárico. Newair et al. (2023), relataram que a

esse ácido fenólico são atribuídas propriedades antioxidantes que reduzem o risco de doenças crônicas, como câncer, doenças cardíacas e diabetes, e pode ajudar a retardar ou prevenir a progressão de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson. Também, possui propriedades anti-inflamatórias. Portanto, aumentar os teores desses compostos antioxidantes é primordial para contribuir para a melhoria na saúde da população.

Wei et al. (2021) relataram que a variação da expressão de genes que codificam enzimas-chaves na via biossintética influencia diretamente o acúmulo dos metabólitos secundários. A aplicação do MeJA ativa a expressão de genes que potencializam a transdução de enzimas-chave no acúmulo de metabólitos envolvidas nas vias biossintéticas dos ácidos fenólicos (DENG e LU 2017). A síntese dos ácidos fenólicos na via dos fenilpropanoides é mediada pela *PAL*, *4CL*, *C4H*, tirosina aminotransferase (*TAT*) e 4-hidroxifenilpiruvato redutase (*HPPR*). Essas enzimas tiveram sua atividade aumentada pelo MeJA (YAN et al., 2019). A *PAL*, a primeira enzima do metabolismo dos fenilpropanoides, catalisa a reação da L-fenilalanina para formar ácido transcinâmico (DENG e LU, 2017). Posteriormente, o *C4H* está envolvido na hidroxilação do ácido cinâmico para produzir ácido *p*-cumárico, que gera ácido caftárico por uma série de catálises enzimáticas (DENG e LU, 2017; YAN et al., 2019).

Wei et al. (2022) apontaram que a aplicação do MeJA no kiwi ativou a expressão de genes biossintéticos que regulam a rota dos ácidos fenólicos, incluindo acil-CoA redutase (*FAR*), também aumentou a atividade de genes relacionados ao metabolismo dos fenilpropanóides, incluindo *AchPAL*, *AchC4H* e *Ach4CL* e que continham o sítio de ligação de reconhecimento do fator de transcrição *MYC2*, interagindo diretamente com suas regiões promotoras, promovendo a biossíntese dos ácidos fenólicos.

Outro fator que tem impacto importante no acúmulo dos ácidos fenólicos são as condições climáticas, principalmente durante a maturação das uvas (COSTA et al., 2020). No ciclo de produção 2, caracterizado por temperatura e radiação solar global relativamente maiores, é provável uma influência sobre o acúmulo ou a degradação ou, ainda, a conversão de alguns compostos fenólicos (Tabela 1).

Em média, os teores observados para o ácido caftárico foram maiores no ciclo de produção 1, provavelmente influenciados pelas diferenças nas variáveis do clima, em particular temperatura e radiação solar. Costa et al. (2020), realizando estudo na mesma região desse experimento, relataram que períodos de maiores temperaturas e radiação solar foram responsáveis pelo aumento dos teores de ácidos fenólicos na uva 'Chenin Blanc'. Essa condição

pode estar relacionada ao aumento dos radicais livres que se acumulam, especialmente sob condições de estresse, e que podem induzir aumento dos ácidos fenólicos.

A biossíntese dos estilbenos deriva da rota da via dos fenilpropanoides, que envolve as enzimas *PAL*, *C4H*, *4CL*, estilbeno sintase (*STS*) e resveratrol sintase (*RS*) (ZHU et al., 2021). O composto resultante dessa via é o *trans*-resveratrol, que possui dois anéis aromáticos e pode ser isomerado em *cis*-resveratrol ou piceatanol (ZHU et al., 2021). Os estilbenos são produzidos pelas plantas sob condições de estresse biótico e abiótico. Conseqüentemente, as adversidades de crescimento e clima levam a um aumento na sua concentração (RICCIO et al., 2020).

Estudos demonstraram que resveratrol e piceatanol têm ampla variedade de efeitos fisiológicos no corpo humano, tais como proteção cardiovascular, antienvhecimento e redução dos lipídeos no sangue (GALINIÁK et al., 2019). Pesquisas elucidaram que o tratamento com resveratrol pode inibir a proliferação de células cancerosas (ZHOU et al., 2021).

O conteúdo de resveratrol e piceatanol em uvas depende de muitas variáveis, incluindo a cultivar, condições de cultivo, clima, época do ano, técnicas de manejo e uso de hormônios vegetais (BELHADJ et al., 2008; COSTA et al., 2020). Além disso, agentes abióticos e bióticos afetam a expressão do gene codificador da enzima *STS*, que é específica para a síntese dos estilbenos (YIN et al., 2023). A atividade das enzimas envolvidas na rota dos estilbenos também pode ser influenciada pela temperatura e radiação solar global (COSTA et al., 2020).

Yin et al. (2023) ressaltaram que o tratamento com MeJA elevou a expressão da *PAL*, que, por sua vez, estimulou o acúmulo de resveratrol e piceatanol. A observação é consistente com a afirmação de Zhu et al. (2021) de que há uma associação positiva entre a atividade da *PAL* e o acúmulo de resveratrol e piceatanol.

Belhadj et al. (2008) aplicaram o MeJA em uvas no período pré-colheita e avaliaram a expressão dos genes envolvidos na biossíntese dos estilbenos. Nesse estudo, o MeJA regulou positivamente os genes que codificam para as enzimas *PAL1*, *CHS1*, *CHS2*, *CHS3*, *STS* e *RS*, além de um gene *UDP*-glicose:*UFGT*. Especialmente o aumento da atividade das enzimas *STS* e *RS* desempenha um importante papel regulatório durante a biossíntese dos estilbenos, o que demanda estudos mais detalhados dos efeitos do MeJA. Contudo, os resultados deste estudo mostram que os teores de estilbenos para a cultivar BRS Melodia foram equilibrados nas épocas do ano (ciclos de produção) e doses do MeJA estudadas. No ciclo de produção 1, as doses de MeJA propiciaram maior acúmulo, especialmente do piceatanol. No ciclo de produção 2, as doses de 5 e 10 mM tenderam a promover maior acúmulo deste composto, durante o armazenamento (Figura 2E). Os teores de piceatanol na uva 'BRS Melodia' podem representar

um componente da qualidade a ser explorado, considerando seu potencial antioxidante. Tao et al. (2022) relataram que a via bioquímica dos flavonóis também foi influenciada pela aplicação do MeJA, que promove aumento na expressão dos genes que codificam para *PAL1*, *C4H*, *4CL2*, *CHS2*, *F3H* e flavonol sintase (*FLS*), que são as principais enzimas envolvidas no acúmulo de flavonóis como kaempferol-3-*O*-glicosídeo, miricetina e rutina.

As condições climáticas, especialmente temperatura e luz solar possuem grande influência na composição da uva e é particularmente interessante para a síntese dos flavonóis na região do experimento. A temperatura da baga influencia a atividade das enzimas *F3'5'H* e do *F3'H*, induzindo alterações no acúmulo dos flavonóis (RYU et al. 2020). Gao-Takai et al. (2019) apontaram que temperaturas muito altas (30–35°C) interferem potencialmente nos processos metabólicos que reduzem o acúmulo de flavonóis.

Na uva ‘BRS Melodia’, a aplicação do MeJA promoveu respostas no teor de flavonóis dependentes das doses e das condições ambientais. No ciclo 2 de produção, durante a maturação das bagas e acúmulo dos compostos fenólicos, foram observadas temperaturas acima de 33°C, sendo provavelmente um fator responsável por reduzir o acúmulo dos flavonóis durante o ciclo.

Nos dois ciclos avaliados, o composto presente em maior quantidade foi a isoquercetina, conforme também documentado por Garden-Cérdan et al. (2023), que aplicaram o MeJA na pré-colheita da uva ‘Tempranillo’ e observaram maior acúmulo na composição dos flavonóis que estão intimamente relacionados às antocianinas, pois compartilham da mesma rota biossintética. Portanto, o acúmulo desses compostos promoverá maiores teores de antocianinas, além de proporcionar benefícios à saúde do consumidor (Feng et al., 2021), devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e cardioprotetoras (UNUSAN, 2020).

O acúmulo dos flavan-3-óis também é influenciado por hormônios vegetais e pelo clima, como radiação solar e temperaturas, que afetam a atividade das principais enzimas envolvidas na sua rota (SHI et al., 2018; LI et al., 2020). He et al. (2022) apontaram que a aplicação do MeJA em lichia resultou no aumento da expressão das enzimas *CHS*, *F3H*, *F3'H*, *FLS*, *LAR*, antocianidina redutase (ANR) e antocianidina sintase (ANS). Os autores relacionaram o aumento dos teores de flavan-3-óis, especialmente a (+)-catequina e (-)-epicatequina galato à atividade dessas enzimas. Garde-Cérdan et al. (2023) destacaram que a aplicação do MeJA em uvas ‘Tempranillo’, produzidas em La Rioja (Espanha), favoreceu a síntese dos compostos fenólicos, especialmente os flavan-3-óis (+)-catequina, (-)-epicatequina, (-)-epicatequina galato e (-)-epigallocatequina galato. Esses compostos são responsáveis pela estabilidade da cor, o que amplia os benefícios do MeJA para melhoria da cor da uva.

As variações climáticas são fatores importantes no cultivo da videira, uma vez que temperatura e radiação solar são fatores que desencadeiam estresses ambientais, afetando o metabolismo fenólico (DONG et al., 2024). Blancquaert et al. (2019) avaliaram o efeito da radiação sobre no acúmulo dos flavan-3-óis, destacando que o aumento da radiação solar resultou em níveis maiores de flavan-3-óis, que dependem da qualidade/quantidade de luz e das temperaturas predominantes durante o desenvolvimento da baga.

Na uva ‘BRS Melodia’, em ambos os ciclos, o MeJA incrementou os teores de alguns flavan-3-óis, sendo que o tipo presente em maior quantidade foi (+)-catequina. Reconhecendo-se que as condições climáticas locais afetam a síntese e o acúmulo dos compostos do metabolismo secundário, sugere-se que, particularmente, no ciclo de produção 1, a temperatura e a radiação solar mais amenas promoveram o acúmulo de (+)-catequina e (-)-epigallocatequina galato. Os maiores teores de flavan-3-óis observados nas uvas em que foram aplicadas MeJA podem ter ocorrido pela indução do aumento da atividade das enzimas já citadas.

Os flavan-3-óis e flavonóis são compostos com benefícios à saúde documentados na literatura, gerando apelos de consumo importantes, se devidamente divulgados (FENG et al., 2021). Os benefícios de ambos os grupos fenólicos são decorrentes de suas propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antibacterianas, anti-hipertensivas, antiobesidade, neuroprotetoras e antienvhecimento (UNUSAN, 2020).

As proantocianidinas são taninos condensados, flavonoides incolores formados pela polimerização de unidades de flavan-3-ol, e sintetizados a partir do mesmo precursor fenólico (MA et al., 2019; NI et al., 2020). Portanto, vários dos componentes dos genes estruturais necessários para a síntese das antocianinas também o são para as proantocianidinas. Esses genes são regulados através da transcrição coordenada de estruturas dos genes pela interação dos fatores de transcrição *MYB*, *bHLH* e *WD40*, que são específicos para os compostos fenólicos.

As principais enzimas envolvidas na síntese das proantocianidinas são *DFR*, *ANS*, leucoantocianidina redutase (*LAR*), *LDOX* e *ANR* (SHI et al., 2018). A atividade dessas enzimas pode ser significativamente afetada por múltiplos fatores ambientais, incluindo luminosidade, temperatura e uso de hormônios vegetais (RUY et al., 2022; COSTA et al., 2020).

Ruy et al. (2022) estudaram a aplicação pré-colheita do MeJA em maçã ‘Fuji’, documentando a promoção da expressão dos genes do complexo *TT2/MYB123-TT8/bHLH042-TTGI*, que regulam a biossíntese das proantocianidinas e a expressão das enzimas *ANS*, *LDOX*, *DFR* e *ANR*. Na pesquisa com a uva ‘BRS Melodia’, a aplicação do MeJA promoveu, em ambos os ciclos de produção, o acúmulo de proantocianidinas, sendo que, no ciclo de produção 1, o

principal tipo presente foi a procianidina B2. No ciclo de produção 2, a procianidina B1 foi observada com maiores teores, especialmente nas uvas que receberam a dose de 5 mM.

Tan et al. (2023) avaliaram a influência da temperatura sobre a expressão das principais enzimas envolvidas no acúmulo de proantocianidinas, como *CHS*, *CHI*, *DFR*, *CHS* e *ANS*. Os resultados mostraram efeito de temperaturas consideradas normais para a condição de cultivo trabalhada, 14-24°C, e de altas temperaturas, sendo estas de 25-34°C. As altas temperaturas inibiram o acúmulo dos genes *bHLH* e *MYB*, que ativam as enzimas *DFR*, *UFGT* e *CHS*. Portanto, sob estas condições, ocorre diminuição no acúmulo dos compostos flavonoides. Na uva ‘BRS Melodia’, no primeiro ciclo de produção em que as temperaturas foram mais amenas em relação ao segundo, foram observados teores médios maiores de procianidina B2.

As antocianinas estruturalmente compõem uma antocianidina, que está ligada a um de açúcar. Várias enzimas participam da biossíntese das antocianinas como *CHS*, *CHI*, *F3H*, *F3'H*, *F3'5'H*, *DFR*, *ANS* e *UFGT* (LI et al., 2020; WANG et al., 2020). Ju et al. (2022) relataram que a aplicação do MeJA, em uvas ‘Cabernet Sauvignon’ na China, promoveu o acúmulo das antocianinas nas bagas dos cachos. Ruy et al. (2022), avaliando a aplicação de MeJA em maçã, observaram aumento da atividade de algumas enzimas, como *UFGT*, *DFR*, *F3H*, *FLS* e *LDOX*. Os autores relacionaram o acúmulo das antocianinas ao aumento da atividade dessas enzimas.

Paladines-Quezada et al. (2021) destacaram que uvas ‘Monastrell’ tratadas com 10 mM de MeJA, durante o período da maturação, apresentaram maior uniformidade de coloração e síntese das antocianinas, especialmente delphinidina, peonidina, cianidina e malvidina. No presente estudo, quando se avaliou, por exemplo, a peonidina, os valores observados foram de 24 $\mu\text{g g}^{-1}$, para o controle, e 194 $\mu\text{g g}^{-1}$, nas uvas tratadas com 10 mM de MeJA.

Garde-Cérdan et al. (2023), realizaram a aplicação da MeJA na uva ‘Tempranillo’ na dose de 10 mM de MeJA e os resultados mostraram que a aplicação do MeJA favoreceu a síntese das antocianinas, especialmente delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina e malvidina. Por sua vez, as proantocianidinas detectadas foram procianidina B1 e procianidina B2.

Estudos com *Arabidopsis* indicam que os fatores de transcrição *MYB* e *bHLH* modulam a expressão de genes estruturais da biossíntese de proantocianidinas e antocianinas (MA, 2019). Ni et al. (2020) relataram que o MeJA promove o acúmulo de flavona e isoflavona por regulação transcricional de *MYBs* e *bHLHs*. No interior da célula, o jasmonato induz a degradação da proteína repressora JAZ, liberando *MYB* e *bHLH*, o que gera acúmulo de antocianinas.

Wang et al. (2019) relataram que a aplicação do MeJA em frutos da maçã durante o período pré-colheita induziu a expressão dos genes *MdMYB24L* com domínios *MYB*, *DRF* e

UFGT. O aumento da expressão desses genes provavelmente foram os responsáveis por promover a síntese das antocianinas reguladas por MeJA.

A síntese das antocianinas nas uvas ‘BRS Melodia’ também pode ter sido influenciada pelas condições ambientais, que afetam fortemente as vias biossintéticas desses compostos, seja por degradação e/ou inibição de síntese (YUE et al., 2020), afetando seu acúmulo e distribuição na casca da baga. Gao-Takai et al (2019) avaliaram o efeito da temperatura sobre o acúmulo das antocianinas em uvas ‘Aki Queen’ e ‘Ruby Roman’, na Província de Ishikawa, Nonoichi, (Japão). Os dados mostraram que a concentração das antocianinas em ambas as cultivares foram menores quando as uvas foram expostas a temperatura de 35°C nos diferentes estágios de desenvolvimento. A atividade das principais enzimas envolvidas na síntese das antocianinas, como *UFGT*, *F3'5'H* e *UFGT*, tiveram sua atividade reduzida em temperatura de 35°C.

Ryu et al. (2020) avaliaram, em uvas ‘Kyoho’, as condições climáticas sobre o acúmulo das principais enzimas envolvidos na síntese das antocianinas. A pesquisa foi realizada sob temperatura controlada, sendo os tratamentos controle (23,2–29,3°C) e alta temperatura (HT - 6°C acima do controle). O tratamento HT inibiu a coloração da casca da uva, atrasando a mudança de coloração das bagas em 18 dias. Também inibiu a expressão das enzimas *F3'H* e *F3'5'H* que são importantes para promover o acúmulo das antocianinas. Portanto, os autores demonstraram que altas temperaturas podem inibir o acúmulo das antocianinas.

Temperatura e luz excessivas ou insuficientes podem causar estresse ambiental, afetando significativamente a qualidade da fruta. Keller, (2010) relatou que a faixa de temperatura ideal para a síntese de antocianinas da uva é cerca de 20 a 30°C, temperaturas abaixo de 15°C e acima de 30°C, levam a reduções acentuadas no acúmulo dos pigmentos.

No estudo, com a uva ‘BRS Melodia’ foram registrados períodos mais longos de temperaturas superiores a 33°C e maior radiação solar durante o ciclo de produção 2, justificando menor acúmulo de todos os tipos de antocianinas detectadas no estudo.

As antocianinas e proantocianidinas possuem propriedades benéficas à saúde, como efeito anti-inflamatório, proteção cardiovascular e atividade antioxidante (FENG et al., 2021).

Pesquisa realizada por Zhou et al. (2020) relataram que as condições ambientais, como temperatura de luminosidade, regulam a atividade das enzimas e a expressão de genes nas rotas dos fenilpropanoides, culminando no acúmulo dos compostos fenólicos. Os autores relataram que a essas variáveis climáticas regularam positivamente a atividade das enzimas *PAL*, *C4H*, *4CL*, *CHI*, *F3H*, *ANS*, antocianidina redutase (*ANR*) e *UFGT*, o que resultou no aumento considerável nos teores de antocianinas, proantocianidinas, flavan-3-óis e flavonóis.

Os resultados relatados nesse estudo sugerem que a aplicação de MeJA regulou positivamente o acúmulo das antocianinas e outros compostos flavonoides na uva 'BRS Melodia', sob cultivo irrigado no Semiárido. No conjunto das respostas observadas, a aplicação do MeJA nas uvas durante o período pré-colheita é uma alternativa para melhorar a estabilidade da cor e promover o acúmulo dos compostos fenólicos bioativos. No entanto, como os resultados não foram equivalentes entre as duas épocas em estudo, é desejável realizar mais ensaios para determinar o efeito destes tratamentos em diferentes condições edafoclimáticas, visando obter uma resposta mais preditiva sobre os teores de compostos fenólicos da uva.

4.5 CONCLUSÃO

A aplicação do MeJA na videira 'BRS Melodia' em condições tropicais favoreceu o acúmulo dos compostos fenólicos nos ciclos de produção avaliados, promovendo o acúmulo de ácido caftárico, estilbenos, flavonóis, flavan-3-óis, proantocianidinas e antocianinas. Em alguns casos, os incrementos nos teores foram efetivos por ocasião da data de colheita, como documentado para os efeitos do tratamento 40 mM no teor de ácido caftárico e das doses 10, 20 e 30 mM para o grupo dos flavan-3-óis, procianidinas e antocianinas, no primeiro ciclo de produção. Por sua vez, neste mesmo ciclo de produção, a dose de 40 mM de MeJA revelou-se vantajosa por manter teores elevados de antocianinas com o prolongamento do armazenamento.

No segundo ciclo de produção, mesmo sob aplicação única de MeJA, as uvas tratadas 5, 10 e 20 mM responderam com maior acúmulo e estabilidade das antocianinas durante o armazenamento, especialmente, calistefina e as antocianinas predominantes na cultivar, curomanina e petunidina. Entre as três doses, 20 mM agregou a vantagem de também manter elevados os teores de flavan-3-óis ao longo do armazenamento.

Além do incremento nos teores de vários compostos fenólicos, o MeJA promoveu a síntese das antocianinas oenina, mirtilina e calistefina, que não foram detectadas nas amostras não tratadas. O mesmo ocorreu com o flavonol miricetina. Essas respostas sinalizam o potencial do MeJA de influenciar o metabolismo secundário em uvas e a possibilidade de valorizar sua qualidade a partir do manejo com esse elicitador.

Ainda, a utilização de doses adequadas para cada ciclo de produção, decorrente das condições ambientais prevalentes, pode estimular o conteúdo de compostos fenólicos, permitindo uma diferenciação quantitativa e qualitativa nas uvas 'BRS Melodia', agregando valor aos produtos vitícolas de regiões de clima tropical semiárido.

REFERÊNCIAS

- AN, J-P.; XU, R-R.; LIU, X.; ZHANG, J-C.; WANG, X-F.; YOU, C-X.; HAO, Y-J. Jasmonate induces biosynthesis of anthocyanin and proanthocyanidin in apple by mediating the JAZ1-TRB1-MYB9 complex. **Plant Journal**, New York, n. 106, p.1414-1430. 2021. <https://10.1111/tpj.15245>.
- Association of Official Analytical Chemists - International [AOAC]. 2010. **Official Methods of Analysis**. 18 ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.
- BELHADJ, A.; TELEF, N.; SAIGNE, C.; CLUZET, S.; BARRIEU, F.; HAMDY, F.; MÉRILLON J-M. Effect of methyl jasmonate in combination with carbohydrates on gene expression of PR proteins, stilbene and anthocyanin accumulation in grapevine cell cultures. **Plant Physiology and Biochemistry**, São Paulo, n. 46, p. 493-499. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2007.12.001>.
- BLANCQUAERT, E. H.; OBERHOLSTER, A.; RICARDO-DA-SILVA, J. M.; DELOIRE, A. J. Grape flavonoid evolution and composition under altered light and temperature conditions in cabernet sauvignon (*Vitis Vinifera* L.). **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 10, p. 1050-1062. 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01062>.
- COSTA, R. R.; RODRIGUES, A. A. M.; VASCONCELOS, V. A. F.; COSTA, J. P. D.; LIMA, M. A. C. Trellis systems, rootstocks and season influence on the phenolic composition of ‘Chenin Blanc’ grape. **Scientia Agricola**, São Paulo, n. 3, p. 1-11. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0207>.
- DENG, Y.; LU, S. Biosynthesis and regulation of phenylpropanoids in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, n. 36, p. 257-290. 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/07352689.2017.1402852>.
- DONG, T.; HAO T.; ZHANG, P.; HAKEEM, A.; ZHAO, P.; SONG, S.; REN, Y.; CHEN, Y.; JIA, Y.; FANG, J. A comprehensive evaluation of different responses of supplementary light qualities on physiological and biochemical mechanisms of ‘Kyoho’ grape. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 333, p. 1-12. 2024.
- DUTRA, M. C.; SILVA, A. B. M.; FERREIRA, E. S.; CARVALHO, A. J. B. A.; LIMA, M. S.; BIASOTO, A. T. C. Bioaccessibility of phenolic compounds from Brazilian grape juices using a digestion model with intestinal barrier passage. **Food Bioscience**, Foggia, n. 52, p. 10-25. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102501>.
- EMBRAPA SEMIÁRIDO. 2022. **Dados meteorológicos**. Petrolina, Brazil. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/index.php?op=dadosmet>. Acesso em: 28 dez. 2022.
- FENG, S.; YI, J.; LI, X.; WU, X.; ZHAO, Y.; MA, Y.; BI, J. Systematic review of phenolic compounds in apple fruits: compositions, distribution, absorption, metabolism, and processing stability. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Filadelfia, n. 69, p. 7-27. 2021. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c05481>.
- GALINIAK, S.; AEBISHER, D.; BARTUSIK-AEBISHER D. Health benefits of resveratrol administration. **Acta Biochimica Polonica**, Polônia, n. 66, p. 13–21. 2019. https://doi.org/10.18388/abp.2018_2749.
- GARDE-CÉRDAN, T.; URTURI, I.S.; RUBIO-BRETÓN, P.; ROMÁN, S. M-S.; BAROJA, E.; RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, G. B.; DELGADO-LÓPEZ, J. M.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P. Foliar application of methyl jasmonate and methyl jasmonate supported on nanoparticles: Incidence on grape phenolic composition over two seasons. **Food Chemistry**, Filadelfia, n. 402, p. 13-22. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134244>.

- GAO-TAKAIA, M.; KATAYAMA-IKEGAMIA, A.; MATSUDAB, K.; SHINDOA, H.; UEMAEA, S.; OYAIZUA, M. A low temperature promotes anthocyanin biosynthesis but does not accelerate endogenous abscisic acid accumulation in red-skinned grapes. **Plant Science**, São Paulo, n. 283, p. 165–177. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.01.015>.
- HE, M.; ZHOU, Y.; ZHU, H.; JIANG, Y.; QU, H. Metabolome, transcriptome and physiological analyses provide insight into the color transition of litchi pericarp. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n.192, p.11-20. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.112031>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2022) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 22 Jan. 2022.
- JU, Y-L.; LIU, B-C.; XU, X-L.; WU, J-R.; SUN, W.; FANG, Y-L. Targeted metabolomic and transcript level analysis reveals the effects of exogenous strigolactone and methyl jasmonate on grape quality. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 299, p. 1-10. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111009>.
- KELLER, M. Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. **Australian Journal Grape Wine Research**, Australia, n. 16, p. 56-69. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00077>.
- LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Filadelfia, n. 45, p. 1390-1393. 1997. <https://doi.org/10.1021/jf960282f>.
- LI, C.; WU, J.; HU, K. D.; WEI, S. W.; SUN, H. Y.; HU, L. Y.; HAN, Z.; YAO, G. F.; ZHANG, H. PyWRKY26 and PybHLH3 cotargeted the PyMYB114 promoter to regulate anthocyanin biosynthesis and transport in red-skinned pears. **Horticulture Research**, Província de Mersin, n. 7, p. 37-45. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0254-z>.
- MA, Z-H.; LI, W-F.; MAO, J.; LI, W.; ZUO, C-W.; ZHAO X.; DAWUDA, M. M.; SHI, X-Y.; CHEN, B-H. Synthesis of light-inducible and light-independent anthocyanins regulated by specific genes in grape ‘Marselan’ (*Vitis vinifera* L.). **Peer J**, California, n. 7, p. 5-21. 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.6521>.
- NATIVIDADE, M. M. P.; CORREA, L. C.; SOUZA, S. V. C.; PEREIRA, G. E.; LIMA, L. C. O. Simultaneous analysis of 25 phenolic compounds in grape juice for HPLC: method validation and characterization of Sao Francisco Valley samples. **Microchemical Journal**, Filadelfia, n. 110, p. 665-674. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.08.010>.
- NEWAIR, E. F.; MOHAMED, I. M. A.; GARCIA, F.; AL-ANAZI, A. Caftaric acid oxidation in the presence of cell signaling regulator glutathione: Electrochemical and chromatographic analyses. **Microchemical Journal**, Filadelfia, n. 193, p. 1-9. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109045>.
- NI, J.; ZHAO, Y.; TAO, R.; YIN, L.; GAO, L.; STRID, Å.; QIAN, M.; LI, J.; LI, S. J.; TENG, Y.; BAI S. Ethylene mediates the branching of the jasmonate-induced flavonoid biosynthesis pathway by suppressing anthocyanin biosynthesis in red Chinese pear fruits. **Plant Biotechnology Journal**, Pennsylvania, n. 18, p. 1223–1240. 2020. <https://doi.org/10.1111/pbi.13287>.

- PALADINES-QUEZADA, D. F.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. I.; MORENO-OLIVARES, J. D.; BLEDA-SÁNCHEZ, J. Á.; GÓMEZ-MARTÍNEZ, J. C.; MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, J. A.; GIL-MUÑOZ, R. Application of elicitors in two ripening periods of *Vitis vinifera* L. cv Monastrell: Influence on anthocyanin concentration of grapes and wines. **Molecules**, n. 26, p. 16-29. 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26061689>.
- RICCIO, B. V. F.; SPOSITO, L.; CARVALHO, G. C.; FERRARI, P. C.; Chorilli, M. Resveratrol isoforms and conjugates: a review from biosynthesis in plants to elimination from the human body. **Archiv der Pharmazie**, Germany, n. 353, p. 1–11. 2020. <https://doi.org/10.1002/ardp.202000146>.
- RITSCHHEL, P. S.; MAIA, J. D. G.; LIMA, M. A. C.; LEÃO, P. C. S.; PROTAS, J. F. S.; GROHS, D. S. et al. BRS Melodia: Manejo da cultivar de uva rosada, sem sementes, com sabor *gourmet*, para produção na região do Submédio do Vale do Rio São Francisco. Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica**: Bento Gonçalves, Brazil, n. 158, p. 29-36. 2021.
- RUY, J.-A.; DUAN, S.; GIL, C.S.; JEONG, H.Y.; LEE, C.; KANG, I.; EOM, S.H. Combined UV-B and methyl jasmonate treatments enhance postharvest pigmentation of ‘Fuji’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 190, p. 19-38. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111938>.
- RYU, S.; HAN, J. H.; CHO, J. G.; JEONG, J. H.; LEE, S. K.; LEE, H. J. High temperature at veraison inhibits anthocyanin biosynthesis in berry skins during ripening in ‘Kyoho’ grapevines. **Plant Physiology and Biochemistry**, São Paulo, n. 157, p. 219-228. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.10.024>.
- SAHOO, T.; VERMA, M. K.; DUBEY, A. K.; THAKRE, M.; IQUEBAL, M.; BHARADWAJ, C.; SAHA, S. Pre-harvest application of methyl jasmonate for improving nutritional quality of ‘Pusa Navrang’ grape (*Vitis vinifera*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, Nova Delhi, n. 90, p. 813–820. 2020. <https://doi.org/10.56093/ijas.v90i4.102230>.
- SHI, L. Y.; CAO, S. F.; CHEN, X.; CHEN, W.; ZHENG, Y. H.; YANG, Z. F. Proanthocyanidin synthesis in Chinese bayberry (*Myrica rubra* Sieb. Et zucc.) fruits. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 9, p. 212-224. 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00212>.
- TAN, Y.; WEN, B.; XU, L.; ZONG, X.; SUN, Y.; WEI, G.; WEI, H. High temperature inhibited the accumulation of anthocyanin by promoting ABA catabolism in sweet cherry fruits. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, n. 14, p. 1-15. 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1079292>.
- TAO, X.; WU, Q.; LI, J.; HUANG, S.; CAI, L.; MAO, L.; LUO, Z.; LI, L.; YING, L. Exogenous methyl jasmonate regulates phenolic compounds biosynthesis during postharvest tomato ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 184, p. 10-17. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111760>.
- UNUSAN, N. Proanthocyanidins in grape seeds: an updated review of their health benefits and potential uses in the food industry. **Journal of Functional Foods**, Wageningen, n. 67, p. 10-20. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103861>.
- WANG, L.; YANG, S.; NI, J.; TENG, Y.; BAI, S. Advances of anthocyanin synthesis regulated by plant growth regulators in fruit trees. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, n. 307, p. 1-12. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111476>.

WANG, Q.; ALLAN, A.C.; YIN, X. R. Small RNAs with a big impact on horticultural traits. **Critical Review in Plant Sciences**, n. 39, p. 30-43. 2020. <https://doi.org/10.1080/07352689.2020.1741923>.

WANG, Y.; LIU, W.; JIANG, H.; MAO, Z.; WANG, N.; JIANG, S.; XU, H.; YANG, G.; ZHANG, Z.; CHEN, X. The R2R3-MYB transcription factor MdMYB24-like is involved in methyl jasmonate-induced anthocyanin biosynthesis in apple. **Plant Physiology and Biochemistry**, São Paulo, n. 139, p. 273-282. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.031>.

WEI, X. P.; MAO, L. C.; LU, W. J.; WEI, X. B.; GUAN, W. L.; CHEN, Z. S.; LUO, Z. S. AchMYC2 promotes JA-mediated suberin polyphenolic accumulation via the activation of phenylpropanoid metabolism-related genes in the wound healing of kiwifruit (*Actinidia chinensis*). **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 188, p. 11-18. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111896>.

WEI, X. B.; GUAN, W. L.; YANG, Y. J.; SHAO, Y. L.; MAO, L. C. Methyl jasmonate promotes wound healing by activation of phenylpropanoid metabolism in harvested kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 175, p. 1-11. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111472>.

YAN, Q.; SI, J.; CUI, X.; PENG, H.; CHEN, X.; XING, H.; DOU D. The soybean cinnamate 4-hydroxylase gene GmC4H1 contributes positively to plant defense via increasing lignin content. **Plant Growth Regul**, n. 88, p. 139-149. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10725-019-00494-2>.

YIN, Y.; HU, J.; YANG, Z.; FANG, W.; YANG J. Effects of methyl jasmonate and NaCl treatments on the resveratrol accumulation and defensive responses in germinated peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, São Paulo, n. 194, p. 664–673. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.12.012>.

YUE, X.; ZHAO, Y.; MA, X.; JIAO, X.; FANG, Y.; ZHANG, Z.; JU Y. Effects of leaf removal on the accumulation of anthocyanins and the expression. of anthocyanin biosynthetic genes in Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grapes. **Science and Food and Agriculture**, Quebec, n. 19, p. 1-10. 2020. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10951>.

ZHOU, D-D.; LUO, M.; HUANG, S-Y.; SAIMAITI, A.; SHANG, A.; GAN, R-Y.; LI, H-B. Effects and Mechanisms of Resveratrol on Aging and Age-Related Diseases. **Oxidative medicine and cellular longevity**, n. 99, p. 18-25. 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9932218>.

ZHOU, D.; LIU, Q.; PENG, J.; TU, S.; PAN, L.; TU, K. Metabolic analysis of phenolic profiles reveals the enhancements of anthocyanins and procyanidins in postharvest peach as affected by hot air and ultraviolet C. **Postharvest Biology and Technology**, Lleida, n. 167, p. 12-27. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111227>.

ZHU, T.; YANG J.; ZHANG, D.; CAI, Q.; SHEN, Y.; TU, S.; TU, K. Light radiation promoted stilbene accumulation in peanut sprouts: a response of the reestablishment of oxidant-antioxidant homeostasis. **Acta Physiologiae Plantarum**, Kraków, n. 43, p. 1–14. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11738-021-03305-2>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do MeJA na uva ‘BRS Melodia’ cultivada em condições tropicais apresentou variações em diferentes componentes de qualidade decorrentes das doses utilizadas e das condições climáticas predominantes em cada ciclo produtivo, promovendo influência nos compostos de qualidade das uvas. Especificamente, durante o primeiro ciclo de produção as doses maiores do MeJA promoveram maior síntese das antocianinas, atividade antioxidante e polifenóis extraíveis totais. Em se tratando do ciclo de produção do segundo semestre as respostas, também diferiram de acordo com o tratamento e condições climáticas em campo. A dose de 40 mM promoveu acúmulo das antocianinas, uniformidade da coloração e atividade antioxidante.

Quando se avaliou a composição fenólica durante o primeiro ciclo de produção, as doses mais altas promoveram o acúmulo expressivo das antocianinas e proantocianidinas. No segundo ciclo de produção, as doses mais baixas, junto com temperatura e radiação mais altas, promoveram acúmulo de flavonóis.

O MeJA promoveu em ambos os ciclos produtivos do primeiro e segundo semestre do ano, síntese dos compostos fenólicos, incluindo antocianinas, flavan-3-ol, proantocianidinas, flavonol, ácidos caftárico e estilbenos. Também agregou características que valorizam a qualidade das uvas, como uniformidade da coloração, reduziu a perda de massa e promoveu onacúmulo de antocianinas totais.

As condições regionais foram responsáveis por promover maior síntese desses compostos, que foram potencializados por combinações específicas entre doses do MeJA e as condições climáticas específicas em cada período do ano. Esses resultados podem repercutir na tomada de decisão do produtor para escolha dos componentes durante a pré-colheita, a fim de potencializar a qualidade das uvas.

Os resultados gerados a partir da avaliação dos diferentes ciclos produtivos das uvas evidenciaram que as condições climáticas regionais e sua interação com doses do MeJA proporcionaram às uvas aumento dos teores de compostos de qualidade, principalmente aqueles relacionados a promoção de benefícios a saúde do consumidor.