



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS

Thalita Isabel Assumpção

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS COM POTENCIAL AÇÃO ANTIFÚNGICA NA
VIDEIRA: INFLUÊNCIA NA COMPOSIÇÃO DA UVA E VINHO**

Florianópolis

2022

Thalita Isabel Assumpção

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS COM POTENCIAL AÇÃO ANTIFÚNGICA NA
VIDEIRA: INFLUÊNCIA NA COMPOSIÇÃO DA UVA E VINHO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Vivian Maria Burin
Coorientadora: Profa. Dra. Carolina Pretto Panceri

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Assumpção, Thalita Isabel

APLICAÇÃO DE PRODUTOS COM POTENCIAL AÇÃO ANTIFÚNGICA NA VIDEIRA : INFLUÊNCIA NA COMPOSIÇÃO DA UVA E VINHO /

Thalita Isabel Assumpção ; orientador, Vivian Maria Burin, coorientador, Carolina Pretto Panceri, 2022.

115 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. biguanida polimérica. 3. fosfito de potássio. 4. composição fenólica. 5. fungicidas. I. Burin, Vivian Maria. II. Panceri, Carolina Pretto. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos. IV. Título.

Thalita Isabel Assumpção

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS COM POTENCIAL AÇÃO ANTIFÚNGICA NA
VIDEIRA: INFLUÊNCIA NA COMPOSIÇÃO DA UVA E VINHO**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Dr. Vinicius Caliari

Epagri

Prof. Dr. Alberto Fontanella Brighenti,
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Itaciara Larroza Nunes,
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Ciências dos Alimentos.

Profa. Dra. Itaciara Larroza Nunes
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Profa. Dra. Vivian Maria Burin
Orientadora

Florianópolis, 2022

A todos aqueles que tiveram suas vidas ceifadas pela COVID-19 e não tiveram tempo de se vacinar...

Dedico!

A Ciência salva vidas!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

A minha família, especialmente a minha mãe Gislaine, que sempre acreditou no meu potencial, me estimulando, inspirando, ajudando e reconhecendo todos os meus esforços.

Ao meu amor, amigo e companheiro de vida, William, pelo apoio em todas as decisões por mim tomadas, desde o primeiro momento da qual decidimos traçar um percurso juntos, por não me abandonar mesmo nos momentos em que fui tão ausente. Você faz parte da minha vida!

À minha orientadora, professora Vivian Maria Burin, pela orientação, ensinamentos, e por ter percorrido mais esta etapa da minha vida acadêmica ao meu lado. À minha coorientadora professora Carolina Pretto Panceri, por fazer parte desta jornada.

À Vinícola Villa Francioni por ceder parte do vinhedo e também as amostras para a realização deste trabalho e ao Instituto Federal de Santa Catarina-IFSC/Urupema, pela doação por realizar a microvinificação das uvas.

Aos professores Alberto Fontanella Brighenti e Rubens Onofre Nodari, por terem me acolhido em seu laboratório, para realizar uma parte essencial do meu trabalho. A Andressa Hilha Dias, por todos os ensinamentos e suporte para que eu pudesse realizar a análise antifúngica. Muito obrigada pelas trocas de ideias, ensinamentos e risadas.

Aos colegas e amigos do laboratório de Bioquímica de Alimentos Jeferson, Luana e Maiara que mesmo em tempos tão difíceis se mantiveram presentes. Obrigada, pelos conhecimentos compartilhados, pelos áudios infinitos e pelas reuniões no meet.

A todos os professores, em especial aos professores do programa de pós-graduação em Ciências dos Alimentos, que não mediram esforços ao prestarem um serviço e atendimento de excelente qualidade, mesmo em tempos de pandemia, onde tiveram que se adaptar e se adequar ao ensino remoto. Minha eterna gratidão, vocês serão para sempre um exemplo!

Aos membros da banca examinadora, pelas correções e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa concedida para realização desta pesquisa. Ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos pela oportunidade. A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Muito Obrigada!

“Tenha metas. Uma vida sem objetivos é uma existência triste, pois o homem é um ser, historicamente, movido a desafios.”

Renato Collyer

RESUMO

A busca pela redução do uso de fungicidas convencionais na agricultura, incluindo a vitivinicultura é crescente, assim diversos estudos vêm sendo conduzidos pela busca de compostos alternativos que apresentam ação antifúngica. Dentre estes, estão a biguanida polimérica e o fosfito de potássio. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica diretamente no cacho da uva durante o período de maturação, quanto aos parâmetros enológicos clássicos, teor de polifenóis e atividade antioxidante das uvas e vinhos; e avaliar o potencial antifúngico destes produtos sobre o crescimento micelial do fungo *Botrytis cinerea in vitro*. Além disto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o uso do fosfito de potássio na agricultura utilizando publicações em periódicos nacionais e internacionais com recorte temporal entre os anos de 2017 e 2021. A biguanida polimérica e o fosfito de potássio foram aplicados, separadamente, no cacho das uvas durante o ciclo fenológico (2 mL/L), e uma amostra foi mantida como controle (sem aplicação). A diferença entre os tratamentos foi o número de aplicações realizadas durante o período de maturação (1, 2 e 3 aplicações). Todas as amostras de uvas foram submetidas ao mesmo processo de microvinificação. Como resultados deste trabalho, a revisão bibliográfica demonstrou que o fosfito de potássio é uma possível alternativa a ser utilizado de maneira eficaz frente às doenças fúngicas na agricultura tanto de forma isolada como combinada com os fungicidas convencionais. Com relação à aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica no vinhedo, foi possível observar que as uvas apresentaram maturação tecnológica satisfatória, independente do tratamento realizado, e os vinhos apresentaram os parâmetros enológicos de acordo com os limites estabelecidos pela legislação nacional e internacional. O número de aplicações do fosfito de potássio e da biguanida polimérica influenciaram nos parâmetros avaliados. Destacam-se a amostra que recebeu três aplicações do fosfito de potássio e a amostra que recebeu uma única aplicação da biguanida polimérica, que apresentaram um aumento da produtividade em 19,3% e 16,3%, quando comparadas aos respectivos controles. Estas amostras, também apresentaram os maiores teores de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante das uvas. Além disto, estas mesmas amostras apresentaram aumento nas propriedades mecânicas das uvas principalmente no parâmetro de dureza das bagas. A análise antifúngica *in vitro* demonstrou que a adição de 2 e 4 mL/L da biguanida polimérica no meio de cultura inibiram 100% do crescimento micelial do fungo *B.cinerea* e 4 mL/L do fosfito de potássio inibiu 52,3% do crescimento micelial do fungo. Os produtos utilizados, fosfito de potássio e da biguanida polimérica, demonstraram potencial ação antifúngica *in vitro*, sendo uma ferramenta viável no manejo do vinhedo frente às doenças fúngicas, visando à obtenção de vinhos de qualidade.

Palavras-chave: biguanida polimérica; *Botrytis cinerea*; composição fenólica; fosfito de potássio.

ABSTRACT

Research to reducing the use of conventional fungicides in agriculture, including viticulture, is increasing, in view of this several studies have been carried out in the search for alternative compounds that have antifungal action. Among these, are polymeric biguanide and potassium phosphite. The objectives of this work were to evaluate the application of potassium phosphite and polymeric biguanide directly on the grape bunch during the ripening period, in terms of classical oenological parameters, polyphenol content and antioxidant activity of grapes and wines; and to evaluate the antifungal potential of these products on the mycelial growth of the fungus *Botrytis cinerea in vitro*. In addition, a literature review was also carried out on the use of potassium phosphite in agriculture using publications in national and international journals with a time frame between the years 2017 and 2021. The polymeric biguanide and potassium phosphite were applied separately to the bunches of grapes during the phenological cycle (2 mL/L), and a sample was kept as a control (no application). The difference between treatments was the number of applications performed during the maturation period (1, 2, and 3 applications). All grape samples were submitted to the same microvinification process. The literature review showed that potassium phosphite is an alternative to be used effectively against fungal diseases in agriculture, either isolated or combined with conventional fungicides. Regarding the application of potassium phosphite and polymeric biguanide in the vineyard, it was observed that the grapes presented satisfactory technological maturation, indifferent of the treatment performed, and the wines presented the oenological parameters according to the limits established by national and international legislation. The number of applications of potassium phosphite and polymeric biguanide influenced the parameters evaluated. The sample that received three applications of potassium phosphite and sample that received an only application of polymeric biguanide showed an increase in productivity of 19.3% and 16.3% respectively, when compared to the respective controls. These samples also showed the highest levels of polyphenols, anthocyanins and antioxidant activity of grapes. Furthermore, these same samples showed an increase in the mechanical properties of grapes, mainly in the grape hardness parameter. *In vitro* antifungal analysis showed that the addition of 2 and 4 mL/L of polymeric biguanide in the culture medium inhibited 100% of the mycelial growth of fungus *B.cinerea* and 4 mL/L of potassium phosphite inhibited 52.3% of the mycelial growth of fungus. The products studied, potassium phosphite and polymeric biguanide, showed potential antifungal action *in vitro*, consisting of a viable instrument in the management of the vineyard against fungal diseases, aiming at production of quality wines.

Keywords: polymeric biguanide; *Botrytis cinerea*; phenolic composition; potassium phosphite.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Sintomas das principais doenças da videira. A: Míldio; B: Oídio; C: Antracnose e D: Podridão cinzenta	29
Figura 2 – Mecanismo da reação do ácido fosforoso e hidróxido de potássio para a formação do fosfito de potássio (A) e estrutura química do fosfito de potássio (B).....	34
Figura 3 – Comparação entre o ânion fosfato (Pi) e fosfito (Phi)	35
Figura 4 – Estrutura química da biguanida polimérica, contemplando os seus grupos terminais X e Y, podendo estes ser (i) - grupo amina; (ii) - grupo guanidina; (iii) - grupo cianoguanidina	36

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Processo de seleção dos artigos para pesquisa	43
Figura 2 – Comparação entre o ânion fosfato (Pi) e fosfito (Phi)..	44
Figura 3 – Representação esquemática do modo de ação dos fosfitos.....	46

CAPÍTULO 3

Figura 1 – Curvas de fermentação alcoólica dos vinhos elaborados com uvas tratadas com a biguanida polimérica (A) e com o fosfito de potássio (B).	81
Figura 2 – Inibição do crescimento micelial de <i>Botrytis cinerea</i> usando diferentes concentrações de biguanida polimérica e fosfito de potássio.....	85
Figura 3 – Efeito da adição em meio de cultura Ágar batata dextrose de diferentes concentrações da biguanida polimérica sobre o crescimento micelial do fungo <i>Botrytis cinerea</i>	86
Figura 4 – Efeito da adição em meio de cultura Ágar batata dextrose de diferentes concentrações do fosfito de potássio sobre o crescimento micelial do fungo <i>Botrytis cinerea</i> .87	
Figura 5 – Efeito da biguanida polimérica e do fosfito de potássio no crescimento micelial <i>in vitro</i> de <i>Botrytis cinerea</i>	88
Figura 6 – Incidência da podridão cinzenta em uvas tratadas com diferentes concentrações de biguanida polimérica e fosfito de potássio e inoculadas com <i>Botrytis cinerea</i>	89

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 1 – Análises físicas do cacho e de produtividade do vinhedo após a aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio durante o período de maturação da uva Cabernet Sauvignon.....	73
Tabela 2 – Valores de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e índice de maturação das uvas Cabernet Sauvignon tratadas com a biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação.....	75
Tabela 3 – Polifenóis, parâmetros de cor e capacidade antioxidante da uva Cabernet Sauvignon após aplicação da biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação.....	76
Tabela 4 – Propriedades texturais da uva Cabernet Sauvignon após a aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio durante o período de maturação.	79
Tabela 5 – Parâmetros enológicos clássicos dos vinhos elaborados com uvas Cabernet Sauvignon após a aplicação da biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação da uva.	82
Tabela 6 – Polifenóis, parâmetros de cor e capacidade antioxidante dos vinhos Cabernet Sauvignon elaborados com uvas com aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio	83

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 2

Quadro 1 – Aplicação do fosfito de potássio e o seu efeito como antifúngico em diferentes culturas	52
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Atividade antioxidante
ABTS	Ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico
AMT	Antocianinas monoméricas totais
ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATP	Adenosina-trifosfato
ATT	Acidez total titulável
BDA	Ágar batata dextrose
BOD	Demanda Bioquímica de Oxigênio (do inglês: <i>Biochemical Oxygen Demand</i>)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Agência de Proteção Ambiental (do inglês: <i>Environmental Protection Agency</i>)
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EUA	Estados Unidos da América
GAE	Equivalente ácido gálico
ha	Hectares
IC	Índice de cor
L	Litro
Mg	Miligrama
mL	Mililitro
OIV	Organização Internacional da Vinha e do Vinho
PCR	Reação em cadeia da polimerase (do inglês: <i>polymerase chain reaction</i>)
PT	Polifenóis totais
ppm	Partes por milhão
TN	Tonalidade de cor
Trolox	Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-ácido carboxílico
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo geral	17
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
 CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....		19
1	VITIVINICULTURA NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA	20
2	FENOLOGIA E MATURAÇÃO DA UVA.....	21
3	COMPOSIÇÃO DA UVA E DO VINHO	22
3.1	AÇÚCARES.....	22
3.2	ÁLCOOIS.....	23
3.3	ÁCIDOS ORGÂNICOS.....	24
3.4	COMPOSTOS FENÓLICOS	24
3.4.1	Flavonóides.....	26
3.4.2	Ácidos fenólicos.....	27
3.4.3	Estilbenos	28
4	DOENÇAS DA VIDEIRA	28
4.1	MÍLDIO.....	29
4.2	OÍDIO.....	30
4.3	ANTRACNOSE	31
4.4	PODRIDÃO CINZENTA	31
4.5	CONTROLE DAS DOENÇAS DA VIDEIRA.....	32
4.5.1	Fosfito de potássio	33
4.5.2	Biguanida polimérica	36
 CAPÍTULO 2 - FOSFITO DE POTÁSSIO COMO UM PRODUTO PROMISSOR PARA O MANEJO DE DOENÇAS FÚNGICAS NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO.....		39
1	INTRODUÇÃO	41
2	METODOLOGIA	42
3	QUÍMICA DOS FOSFITOS	44
4	MECANISMO DE AÇÃO	45
4.1	AÇÃO DIRETA.....	46
4.2	AÇÃO INDIRETA.....	47
5	MÉTODOS DE APLICAÇÃO E TOXICIDADE	48
6	O EFEITO DO FOSFITO DE POTÁSSIO CONTRA ÀS DOENÇAS FÚNGICAS NA AGRICULTURA	50

7	OUTROS EFEITOS DA AÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO NA AGRICULTURA.....	59
8	CONCLUSÃO	60

CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO E BIGUANIDA POLIMÉRICA NO CACHO DA UVA: efeito na composição da uva e vinho e avaliação da atividade antifúngica contra o <i>Botrytis cinerea in vitro</i>.....		
		62

1	INTRODUÇÃO	64
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1	APLICAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO E BIGUANIDA POLIMÉRICA: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	65
2.1.1	Amostras.....	66
2.1.1.1	<i>Microvinificação</i>	<i>66</i>
2.2	PRODUTIVIDADE DO VINHEDO	67
2.3	ANÁLISES DAS UVAS.....	67
2.3.1	Parâmetros físico-químicos clássicos.....	67
2.3.2	Análises físicas do cacho	68
2.3.3	Análise do perfil de textura	68
2.3.4	Análises espectrofotométricas	68
2.3.4.1	<i>Polifenóis totais.....</i>	<i>68</i>
2.3.4.2	<i>Antocianinas monoméricas totais</i>	<i>69</i>
2.3.4.3	<i>Parâmetros de cor</i>	<i>69</i>
2.3.4.4	<i>Atividade antioxidante</i>	<i>69</i>
2.4	ANÁLISES DOS VINHOS.....	70
2.5	ANÁLISE ANTIFÚNGICA.....	70
2.5.1	Obtenção do isolado de <i>Botrytis cinerea</i>	70
2.5.2	Efeito da biguanida polimérica e do fosfito de potássio sobre o crescimento micelial de <i>Botrytis cinerea in vitro</i>.....	70
2.5.3	Efeito protetor da biguanida polimérica e do fosfito de potássio em uvas inoculadas com <i>Botrytis cinerea</i>.....	71
2.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	72
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
3.1	ANÁLISES FÍSICAS E PRODUTIVIDADE DO VINHEDO.....	72
3.2	INFLUÊNCIA DA BIGUANIDA POLIMÉRICA E DO FOSFITO DE POTÁSSIO NA COMPOSIÇÃO DA UVA	74
3.2.1	Análises físico-químicas	74
3.2.2	Polifenóis totais, parâmetros de cor e capacidade antioxidante	76
3.2.3	Perfil de textura	78
3.3	INFLUÊNCIA DA BIGUANIDA POLIMÉRICA E DO FOSFITO DE POTÁSSIO NA COMPOSIÇÃO DO VINHO	81
3.3.1	Processo fermentativo e parâmetros enológicos clássicos.....	81
3.3.2	Polifenóis totais, parâmetros de cor e atividade antioxidante.....	83
3.4	AVALIAÇÃO DO EFEITO ANTIFÚNGICO	85

3.4.1	Efeito do fosfito de potássio e da biguanida polimérica sobre o crescimento micelial do <i>Botrytis cinerea in vitro</i>	85
3.4.2	Efeito protetor da biguanida polimérica e do fosfito de potássio em uvas inoculadas com <i>Botrytis cinerea</i>	89
4	CONCLUSÃO	91
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
	REFERÊNCIAS	94

1 INTRODUÇÃO

A vitivinicultura representa uma atividade econômica recente no Brasil quando comparada aos tradicionais países produtores da Europa (BRIGHENTI; TONIETTO, 2004; MELLO, 2019). O início do desenvolvimento da vitivinicultura brasileira ocorreu com o cultivo das uvas de mesa, de origem Americana (*Vitis labrusca* L.), pois apesar dos esforços realizados para o cultivo das variedades europeias (*Vitis vinifera* L.), estas não apresentaram expressão devido às perdas causadas pela incidência de doenças fúngicas. Em meados do século XX, com o advento dos fungicidas, a produção de uvas *V. vinifera* ganhou expressão para a elaboração de vinhos finos, principalmente na região sul do país (PROTAS; CAMARGO; MELLO, 2006).

A ocorrência das doenças na videira há anos é uma preocupação do setor da viticultura mundial, devido às perdas econômicas que acarretam (BRIZ-CID *et al.*, 2015; DZEDZE *et al.*, 2019; EPI-AGRI, 2019). Os oomicetos e os fungos representam importantes classes de patógenos causadores das doenças da videira, destacando-se *Plasmopara viticola*, *Botrytis cinerea*, *Elsinoe ampelina* e *Uncinula necator* como agentes causadores do míldio, mofo cinzento, antracnose e oídio, respectivamente (SÔNEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JÚNIOR, 2005). Essas doenças são responsáveis por danos na vitivinicultura mundial, que afetam tanto a qualidade quanto a produção de uvas e, conseqüentemente, vinhos (SÔNEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JÚNIOR, 2005).

O clima é um dos fatores mais importantes que influenciam no desenvolvimento da videira e na produção de uvas de qualidade. Alta precipitação pluviométrica e umidade elevada podem influenciar na incidência de doenças fúngicas na videira, que acarretam perdas de produção e qualidade da uva e conseqüentemente prejudicam a composição química e sensorial dos vinhos (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Em geral, infecções fúngicas diminuem o rendimento e a qualidade das bagas, através da redução da vitalidade da planta ou pela infecção direta nas bagas (CHAVARRIA; SANTOS, 2013).

Diversos compostos químicos são utilizados para diminuir ou inibir a proliferação dos fungos. Atualmente, o controle químico convencional, através dos fungicidas sintéticos, ainda é a principal medida de controle destas doenças, pois é uma alternativa atraente pela sua simplicidade de aplicação e resultados satisfatórios em curto prazo (SONEGO; GARRIDO, 2005; TALAMINI; STADINIK, 2004). Porém, os fungicidas podem deixar resíduos nas uvas, e diversos prejuízos são atrelados ao seu uso, tanto para os organismos vivos e à saúde humana como também ao meio ambiente, mesmo em baixas concentrações (CAMPO *et al.*,

2013; MASIÁ *et al.*, 2015; TAO *et al.*, 2020). Além disso, as plantas podem desenvolver rapidamente resistência ao controle químico convencional, o que pode determinar o incremento no número de pulverizações realizadas (CARVALHO, 2012; MARTINEZ *et al.*, 2003).

Por consequência dos diversos problemas gerados a partir do controle químico convencional, assim como o aumento da exigência do consumidor por produtos menos agressivos à saúde e ao meio ambiente, pesquisas envolvendo o uso de diferentes substâncias, como por exemplo, fosfito de potássio e biguanida polimérica, estão sendo realizadas como tratamentos alternativos em diferentes culturas (FENG *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2012; ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016).

O fosfito de potássio é amplamente utilizado em diferentes culturas como um nutriente com o objetivo de aumentar a produtividade (PEREIRA *et al.*, 2012). Além disto, estudos demonstram que produtos à base de fosfito também apresentam efetiva ação antifúngica, porém ainda não se sabe seu exato mecanismo de ação. Alguns autores comprovaram que o íon fosfito possui ação direta no fungo, porém, outros autores atribuem o modo de ação a indução de resistência na planta (PEREIRA *et al.*, 2012; ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016; VINAS; MENDEZ; JIMENEZ, 2020). Com relação a biguanida, estudos demonstram que este composto apresenta versatilidade na sua utilização, como na preservação de cosméticos, produtos farmacêuticos, e formulações de desinfetantes e sanitizantes (FRANZIN, 2005). De acordo com a literatura, a biguanida polimérica possui ação antifúngica, uma vez que apresenta a capacidade de inibir o crescimento micelial do patógeno (FENG *et al.*, 2011; FRANZIN, 2005).

Cabe destacar que até o momento, na literatura pesquisada, não há estudos que avaliem o impacto da aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica diretamente nos cachos da uva durante o período de maturação e o seu efeito na composição da uva e do vinho.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da aplicação de produtos comerciais com potencial ação antifúngica durante a maturação da uva sobre as propriedades físicas e químicas da uva e na composição química do vinho.

1.1.2 Objetivos específicos

- Escrever um artigo de revisão bibliográfica sobre a utilização do fosfito de potássio na agricultura;
- Avaliar a influência da aplicação de dois produtos comerciais, fosfito de potássio e biguanida polimérica, diretamente no cacho da uva durante o período de maturação, na produtividade do vinhedo e propriedades físico-químicas da uva e vinho;
- Avaliar a influência da aplicação dos produtos fosfito de potássio e biguanida polimérica no perfil de textura das uvas;
- Avaliar o efeito da aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica nas uvas, sobre o processo de fermentação alcoólica dos vinhos;
- Determinar o efeito da aplicação do fosfito de potássio e biguanida polimérica, no teor de polifenóis totais, antocianinas monoméricas totais e atividade antioxidante das uvas e vinhos;
- Avaliar *in vitro* o efeito do fosfito de potássio e da biguanida polimérica sobre o crescimento micelial do *Botrytis cinerea*;
- Avaliar o efeito protetor do fosfito de potássio e da biguanida polimérica sobre bagas de uva inoculadas com o *Botrytis cinerea*.

CAPÍTULO 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 VITIVINICULTURA NO BRASIL E NO ESTADO DE SANTA CATARINA

A vitivinicultura brasileira iniciou com a chegada dos colonizadores portugueses no século XVI. Permaneceu como cultura doméstica até o fim do século XIX e apenas no início do século XX tornou-se uma atividade comercial quando imigrantes italianos se estabeleceram no sul do país. O início do desenvolvimento da vitivinicultura brasileira ocorreu com o cultivo das uvas de mesa, de origem Americana (*Vitis labrusca* L.), pois apesar dos esforços realizados para o cultivo das variedades europeias (*Vitis vinifera* L.), estas não apresentaram expressão devido às perdas causadas pela incidência de doenças fúngicas. Foi somente após o século XX, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, que se tornou possível o cultivo de uvas de origem europeia, dentre outros fatores, devido à utilização dos fungicidas sintéticos (PROTAS; CAMARGO; MELLO, 2006).

A vitivinicultura representa uma atividade econômica recente no Brasil quando comparada aos tradicionais países produtores da Europa e é baseada principalmente na produção de variedades de uvas americanas e híbridas para produção de vinhos de mesa, suco de uva e outros derivados (BRIGHENTI; TONIETTO, 2004; MELLO, 2019). Cabe ressaltar que nos últimos anos ocorreram importantes avanços no setor vitivinícola brasileiro, tais como adoção de novas cultivares, novas técnicas de cultivo, processos mais sustentáveis, implementação das Indicações Geográficas, o que resultou em maior valorização dos produtos da uva atrelado aos fatores naturais, humanos e culturais (MELLO, 2019). As principais regiões vitivinícolas no Brasil compreendem a região Sul, Sudeste e Nordeste do país, sendo que a região sul compreende 73,12% da área total (MELLO; MACHADO, 2021).

O estado de Santa Catarina apresenta diferentes regiões vitivinícolas definidas de acordo com suas características e tradições culturais. Dentre estas pode-se destacar a Região de Altitude que compreende principalmente as cidades localizadas no Planalto Serrano como por exemplo, São Joaquim (PROTAS; CAMARGO; MELLO, 2006; ROSIER *et al.*, 2004). A região de São Joaquim apresenta altitude elevada (acima de 900m) o que proporciona maior amplitude térmica, marcada por temperaturas noturnas amenas. As temperaturas noturnas amenas retardam o amadurecimento dos frutos, reduzem o crescimento das plantas e influenciam no metabolismo (BONIN; BRIGHENTI, 2006; ROSIER *et al.*, 2004). Estudos realizados por diversos pesquisadores (BURIN *et al.*, 2011; FALCÃO *et al.*, 2008; MIELE; RIZZON; ZANUS, 2010) apontam que as uvas produzidas nas regiões de altitude, apresentam características próprias e distintas das cultivadas em outras regiões do país, além de maturação fenólica adequada à elaboração de vinhos finos de qualidade.

2 FENOLOGIA E MATURAÇÃO DA UVA

A fenologia estuda as mudanças morfológicas e as transformações relacionadas ao ciclo da planta e como ocorre o desenvolvimento ao longo de suas diferentes fases. Na viticultura, compreender os diferentes estádios fenológicos da videira possibilita além de caracterizar a duração das diferentes fases do desenvolvimento, também a interação com os fatores edafoclimáticos, os quais exercem forte influência na maturação da uva e conseqüentemente na obtenção do vinho (JACKSON, 2008; JONES; DAVIS, 2000; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2012).

Entre os principais estádios fenológicos do ciclo vegetativo e reprodutivo da videira estão a brotação, floração, frutificação e maturação da uva (JONES; DAVIS, 2000; LORENZ *et al.*, 1995). O período de brotação, em regiões de clima temperado, também chamado de período de crescimento vegetativo, ocorre após o período de dormência (paralisação da multiplicação celular e queda das folhas). Durante este período ocorre o desenvolvimento dos ramos e folhas e das estruturas florais, a partir da mobilização das reservas acumuladas nos ramos e raízes (JACKSON, 2008; LORENZ *et al.*, 1995). O período de floração é marcado pelo surgimento de pequenos cachos com minúsculas flores, para posterior fertilização. O tipo e o grau de fertilização podem apresentar variação entre diferentes vinhedos, pois dependem das condições climáticas. Após a fertilização das flores, inicia-se o desenvolvimento dos frutos (frutificação), o qual apresenta grande demanda por nutrientes. Neste período, devido à expansão celular, ocorre o fechamento do cacho e o aumento do tamanho das bagas (JACKSON, 2008; LORENZ *et al.*, 1995). O último período compreende a maturação das uvas e aumento do volume das bagas, ocorrendo a síntese de diversos compostos fitoquímicos e estende-se até a colheita da uva, quando a maturação plena é atingida. Normalmente a duração deste período está entre 30 e 80 dias, dependendo da variedade de uva e da região de cultivo (JACKSON, 2008).

De acordo com LeMoigne, Symoneaux e Jourjon (2008) a maturação da uva pode ser dividida em três tipos: maturação tecnológica, fenólica e aromática. A maturação tecnológica corresponde ao estágio em que o acúmulo de açúcar na polpa é máximo, a acidez é baixa e a relação açúcar/acidez é alta (ROBREDO *et al.*, 1991); a maturação fenólica pode ser compreendida como a evolução da diversidade, da concentração e da estabilidade dos compostos fenólicos presentes na uva como as antocianinas (pigmentos das uvas tintas) e taninos, durante o período de maturação das bagas (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b); a maturação aromática pode ser acompanhada pela diminuição das notas vegetais e

desenvolvimento de aromas frutados (SCHNEIDER *et al.*, 2002). Embora todas se apresentem como variáveis independentes durante a maturação da uva, ambas devem ser consideradas para a definição do momento de colheita e na busca da melhor qualidade enológica (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

3 COMPOSIÇÃO DA UVA E DO VINHO

A uva e o vinho são constituídos por diversas substâncias químicas, como açúcares, etanol, ácidos orgânicos, polifenóis, substâncias nitrogenadas, compostos voláteis, entre outros (JACKSON, 2008; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). A qualidade e a composição química da uva, como na maioria das plantas, dependem principalmente dos metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários como os ácidos carboxílicos, hidratos de carbono, proteínas e ácidos nucleicos, são resultantes dos processos fotossintéticos, e estão diretamente envolvidos no crescimento, desenvolvimento e reprodução normal de espécies vegetais. Os metabólitos secundários que compreendem os terpenóides, alcalóides e os compostos fenólicos, geralmente estão associados a respostas de defesa da planta contra a invasão de patógenos como também de influências climáticas como temperatura, umidade, proteção contra raios UV e deficiência de nutrientes minerais (JACKSON, 2008; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2012).

Diferentes fatores como espécie, variedade de uva, estágio de maturação, condições edafoclimáticas da região de produção, assim como todo o processo de elaboração do vinho vem sendo objeto de estudo de diversas pesquisas, uma vez que influenciam de forma qualitativa e quantitativamente na composição química da uva e do vinho (BURIN *et al.*, 2011; GARRIDO-BAÑUELOS *et al.*, 2019; PANCERI *et al.*, 2013).

3.1 AÇÚCARES

Os açúcares são metabólitos primários produzidos durante a fotossíntese dos vegetais, pertencem a classe dos carboidratos e apresentam em sua estrutura química a presença de grupos hidroxilas e um grupo aldeído ou cetona (JACKSON, 2008). Os principais açúcares presentes nas uvas são glicose e frutose. No início da maturação das uvas a presença de glicose predomina frente à frutose, porém com o decorrer da maturação a relação glicose/frutose diminui, atingindo um ponto em que o teor dos dois açúcares se equivale (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

Os açúcares da uva desempenham um papel essencial no processo de vinificação, pois são substratos para a produção de álcool a partir da ação das leveduras durante a fermentação alcoólica, sendo que a maioria da energia metabólica utilizada é na forma de glicose e frutose, no entanto, há a preferência por glicose, havendo, no final da fermentação resíduos de frutose (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). Os carboidratos apesar de constituir uma classe de compostos minoritários podem participar de reações bioquímicas envolvendo a ação de enzimas como pectinases e celulases. Além disso, esses compostos contribuem para as propriedades sensoriais e participam de diferentes reações durante a fermentação e envelhecimento, como reações com ácidos e bases, reação de Maillard, reações de oxidação e redução (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

3.2 ÁLCOOIS

O etanol é o álcool presente no vinho em maior concentração, o qual é principalmente sintetizado durante a fermentação alcoólica dos açúcares presentes no mosto pelas leveduras, embora pequenos teores possam ser produzidos nas células da uva durante a etapa de maceração (JACKSON, 2008). A concentração de etanol em vinhos é expressa em termos de teor alcoólico ou percentagem de álcool por volume, sendo o seu teor proporcional à concentração de sólidos solúveis totais da uva (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). A presença de etanol no vinho está relacionada a diversas características químicas, físicas e sensoriais, como realçar o sabor doce, modificar a percepção de acidez, contribuir para o corpo do vinho, além de reduzir a sensação de adstringência dos taninos. Ainda é relevante na solubilização de compostos aromáticos não polares, o que reduz a perda destes aromas pela volatilização com o gás carbônico durante a fermentação alcoólica. O etanol também apresenta função de cossolvente e ajuda na extração dos compostos presentes na uva durante a maceração, o que contribui para a composição volátil e a cor do vinho. Durante o armazenamento e envelhecimento do vinho, o etanol também pode reagir com ácidos orgânicos originando ésteres, ou com aldeídos produzindo acetais (JACKSON, 2008; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

Além do etanol, outros álcoois são produzidos durante todo o processo de vinificação, como o metanol, glicerol e os álcoois superiores. O metanol é originado a partir da degradação das pectinas, é um produto tóxico para a saúde humana, porém é encontrado em baixas concentrações nos vinhos elaborados com uvas *Vitis vinifera* L., devido à baixa concentração de pectina presente nestas variedades de uva (RIBÉREAU-GAYON *et al.*,

2006a). A presença de glicerol no vinho, que é um subproduto da fermentação alcoólica, está relacionada principalmente com a ação das leveduras em resposta ao estresse osmótico do meio. O glicerol exerce influência direta nas características sensoriais do vinho (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Os álcoois superiores, são álcoois com mais de dois átomos de carbono sintetizados pelas leveduras a partir de açúcares ou de aminoácidos do mosto. Fatores relacionados às práticas enológicas, interferem na formação desses compostos, como por exemplo, temperaturas elevadas durante o processo de fermentação, presença de oxigênio e tempo de contato com a casca durante a maceração (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

3.3 ÁCIDOS ORGÂNICOS

Os principais ácidos orgânicos presentes nas uvas são os ácidos tartárico, málico e cítrico, sendo este último em pequenas concentrações (JACKSON, 2008). A síntese dos ácidos orgânicos nas plantas é dependente da fotossíntese. Na uva, o teor de ácido málico diminui durante a etapa de maturação, enquanto a concentração de ácido tartárico permanece praticamente inalterada, sendo que a diminuição do teor de ácido málico durante a maturação está relacionada com a taxa de respiração do fruto em função da temperatura do ambiente (MATO; SUÁREZ-LUQUE; HUIDOBRO, 2007; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). A concentração destes ácidos ainda pode variar de acordo com a variedade da uva, condições climáticas, solo, localização do vinhedo e devido às práticas agrônômicas utilizadas (JACKSON, 2008; MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; VILJAKAINEN; LAAKSO, 2000).

Os ácidos orgânicos presentes nos vinhos são aqueles originários da uva (ácidos tartárico, málico e cítrico), do processo de fermentação (ácidos succínico, láctico e acético), e também da ação de microrganismos que atacam as uvas como, por exemplo, o fungo *Botrytis cinerea* (ácido glucônico) (JACKSON, 2008; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). Os ácidos orgânicos influenciam na acidez, estabilidade da cor e também conservação dos vinhos e o seu monitoramento é de grande utilidade para verificar a evolução da acidez durante o processo de vinificação. Assim, vinhos de qualidade devem apresentar um equilíbrio da acidez e conseqüente balanço no teor dos ácidos orgânicos (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; RIBERÉAU-GAYON, *et al.*, 2006b).

3.4 COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos são constituintes fundamentais dos vegetais, são metabólitos secundários característicos do metabolismo de defesa das plantas frente a condições adversas como situações de estresse, variações climáticas, radiações ultravioletas e infecções fúngicas (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009; RIBÉREAU-GAYON, 2006b). Do ponto de vista químico, são caracterizados por apresentar um núcleo benzênico, agrupado a um ou vários grupos hidroxilas. Englobam desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização. Esta classe apresenta ampla heterogeneidade na estrutura química, devido aos diferentes fatores que condicionam a síntese destes compostos, bem como as diferentes vias metabólicas pelas quais a síntese pode acontecer (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

Na uva estão presentes principalmente na casca e na semente, encontrados em menores concentrações na polpa. Seu perfil, concentração e disposição podem ser influenciados por fatores ambientais e relacionados ao manejo do vinhedo (MATTIVI *et al.*, 2002; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). No vinho, os polifenóis podem ser oriundos além da polpa, casca e semente das uvas durante o processo de maceração, ser sintetizados pelo metabolismo das leveduras durante a fermentação alcoólica. Além disto, as práticas enológicas empregadas durante a vinificação, como maceração, clarificação e adição de produtos enológicos, também influenciam na concentração dos polifenóis no vinho (GARRIDO; BORGES, 2013; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006).

Cabe ressaltar que os polifenóis constituem um importante parâmetro de qualidade para os vinhos, uma vez que estão diretamente relacionados às suas características sensoriais como cor, adstringência e amargor (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). Além disso, o interesse em estudar esta classe de compostos é cada vez maior, devido às suas propriedades antioxidantes e efeitos benéficos à saúde (HARBELOUI *et al.*, 2019; HARBORNE; WILLIAMS, 2000; SUH; KIM; SURH, 2018). A atividade antioxidante e o teor dos polifenóis de uvas e vinhos estão diretamente relacionados com diferentes fatores que incluem a aplicação de herbicidas, fungicidas e produtos químicos durante o manejo da videira (JACKSON, 2008; MULERO *et al.*, 2015). Assim, pesquisadores têm avaliado o efeito da aplicação de diferentes fungicidas na videira e a influência na cor e no perfil fenólico das uvas e vinhos, bem como o impacto na atividade antioxidante (BRIZ-CID *et al.*, 2015; CASTRO-SOBRINO *et al.*, 2019; MULERO *et al.*, 2015). Neste contexto, Mulero *et al.* (2015) avaliaram o efeito do tratamento da uva com seis fungicidas (fenhexamida quinoxifeno, trifloxistrobina, cresoxim-metil, fluquinconazol e famoxadona) em relação a concentração dos compostos fenólicos e na atividade antioxidante de vinhos tintos da variedade Monastrell. Os

autores verificaram que todos os tratamentos reduziram a capacidade antioxidante dos vinhos como também o teor de ácidos hidroxicinâmicos e flavonóis.

Os polifenóis presentes em uvas e vinhos apresentam diversidade na estrutura química e podem ser divididos em subclasses, como os flavonóides, ácidos fenólicos e estilbenos.

3.4.1 Flavonóides

Os flavonóides constituem o maior grupo de compostos fenólicos das plantas e diferem entre si devido a sua estrutura química. A estrutura básica de todos os flavonóides contém 15 átomos de carbono, que consistem em dois anéis aromáticos ligados por um anel pirano (GARRIDO; BORGES, 2013; JACKSON, 2008). Os principais flavonóides da uva e do vinho são os flavonóis, flavanóis e as antocianinas (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

Os flavanóis são os compostos flavonóides mais abundantes em uvas e vinhos, são encontrados tanto na semente quanto na casca da uva, com maior concentração nas sementes. Sua estrutura básica é constituída por dois anéis benzênicos ligados por um anel pirano, o qual está ligado a um grupo hidroxila na posição 3 (JACKSON, 2008; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). Os principais flavanóis, em uvas e vinhos, são a (+)-catequina e (-)-epicatequina. Estes compostos são extraídos das cascas e sementes da uva no processo de vinificação, e são os principais responsáveis pelo sabor e adstringência dos vinhos (JACKSON, 2008).

Os flavonóis estão presentes principalmente nas cascas de uvas brancas e tintas. Os principais flavonóis da uva e do vinho são a quercetina, a miricetina e o campferol, encontrados na uva principalmente na forma glicosilada e na forma livre nos vinhos (JACKSON, 2008; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). A síntese de flavonóis ocorre praticamente durante todo o desenvolvimento da baga, são localizados principalmente nas cascas, onde se acumulam nos vacúolos celulares da epiderme e hipoderme externa. O seu teor varia conforme a resposta a condições restritivas ou de estresse (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Os flavonóis também estão envolvidos na estabilização da cor dos vinhos tintos por participar de reação de copigmentação com as antocianinas (JACKSON, 2008). Além disso, são substâncias bioativas relacionadas com a capacidade antioxidante de uvas e vinhos (FERNÁNDEZ-MAR *et al.*, 2012).

As antocianinas são amplamente distribuídas na natureza e são responsáveis pela diversidade de cores das flores e frutos (GARRIDO; BORGES, 2013; JACKSON, 2008). A função das antocianinas nas plantas, dentre outras, envolve proteção contra os estresses bióticos e abióticos (AHMED *et al.*, 2014). As principais antocianinas presentes nas uvas

tintas são delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina, malvidina e pelargonidina (GARRIDO; BORGES, 2013; JACKSON, 2008; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). As antocianinas representam uma parte muito importante, seja na forma quantitativa e/ou qualitativa, dos flavonóides das uvas das variedades tintas e são os pigmentos responsáveis pela cor de uvas e vinhos tintos (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). A variedade da uva desempenha um papel fundamental na concentração das antocianinas. No entanto, as condições de cultivo, como clima, tipo de solo e manejo do vinhedo, também influenciam significativamente no seu acúmulo (JACKSON, 2008; SIVILOTTI *et al.*, 2016). A concentração de antocianinas nas uvas pode diferir daquele presente no respectivo vinho, o que pode ser atribuído, principalmente, aos fatores enológicos, como o processo de maceração e extração dos pigmentos (REVILLA *et al.*, 2001). São compostos que, com o envelhecimento do vinho, tendem a formar complexos com outros compostos fenólicos, dando a estabilidade de cor desejável ao vinho (BOULTON, 2001). Os efeitos benéficos à saúde humana relacionados com a presença de antocianinas nas uvas e vinhos demonstram efeitos relacionados à capacidade antioxidante (RODRIGO; MIRANDA; VERGARA, 2011), anticarcinogênica (TYAGI; AGARWAL; AGARWAL, 2003) inibição da oxidação da LDL (MANTHEY *et al.*, 2002), proteção cardiovascular (HANSEN *et al.*, 2011), entre outros.

3.4.2 Ácidos fenólicos

Os ácidos fenólicos são divididos em dois grupos de acordo com o número de átomos de carbono presente em sua estrutura, os derivados do ácido hidroxibenzóico e derivados do ácido hidroxicinâmico. Na uva os ácidos fenólicos encontram-se principalmente nos vacúolos das células da casca e na polpa. Sua concentração diminui durante o desenvolvimento da baga e estabiliza durante a maturação. Não apresentam um sabor ou odor característico, porém são precursores de alguns compostos voláteis (GARRIDO; BORGES, 2013; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

Na uva e no vinho, os principais ácidos hidroxibenzóicos são os ácidos gálico, siríngico, vanílico e protocateico. Estes ácidos encontram-se nas uvas na forma de ésteres e durante o processo de vinificação e armazenamento do vinho, sofrem hidrólise lenta, com predomínio das formas livres. Embora não exerçam uma influência direta no sabor dos vinhos, podem contribuir para o surgimento de fenóis voláteis que acarretam alterações sensoriais do vinho (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

Os principais ácidos hidroxicinâmicos da uva e do vinho são os ácidos cafeico, ferúlico e *p*-cumárico que estão presentes principalmente nas cascas e polpa da uva. São encontrados em uvas na forma de ésteres tartáricos, também chamados de hidroxicinamatos (ácido caftárico, coutárico e fertárico), o que é uma especificidade do gênero *Vitis*. Suas formas livres são encontradas nos vinhos devido à ocorrência de reações de hidrólise durante os processos de vinificação (GARRIDO; BORGES, 2013; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). São importantes copigmentos presentes nos vinhos reagindo com as antocianinas e auxiliando na estabilidade da cor ao longo do envelhecimento do vinho tinto (JACKSON, 2008; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

3.4.3 Estilbenos

Os estilbenos são compostos fenólicos que também são referidos como fitoalexinas, ou seja, são produzidos por plantas em resposta a fatores adversos como exposição ao estresse, exposição à luz ultravioleta e infecções fúngicas (FERNÁNDEZ-MAR *et al.*, 2012; MULERO *et al.*, 2015). Estão presentes em diversas plantas, porém as uvas e os vinhos são considerados a principal fonte na dieta humana (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Nas uvas os estilbenos são comumente encontrados nas cascas, dessa forma os vinhos tintos, que têm maior contato com os sólidos da uva durante o processo de vinificação, apresentam maior teor desse composto quando comparado com os vinhos brancos (LAMUELA-RAVENTÓS *et al.*, 1995; TRELA; WATERHOUSE, 1996). Além disto, a concentração de estilbenos em vinhos é dependente de diversos fatores como clima, variedade de uva, infecções, presença de metais pesados e métodos de vinificação (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009).

O resveratrol é o estilbeno mais conhecido e estudado. É composto por um núcleo estilbeno com três grupos fenólicos nas posições 3, 5 e 4' (MORENO-ARRIBAS; POLO, 2009). Apresenta comprovadas atividades biológicas e farmacológicas, que incluem atividade antioxidante, antifúngica e antimicrobiana (STUART; ROBB, 2013). Além disso, pesquisas demonstraram que o resveratrol possui propriedades quimio-preventivas contra certas formas de câncer e distúrbios cardiovasculares (VERGARA *et al.*, 2012; YANG *et al.*, 2016).

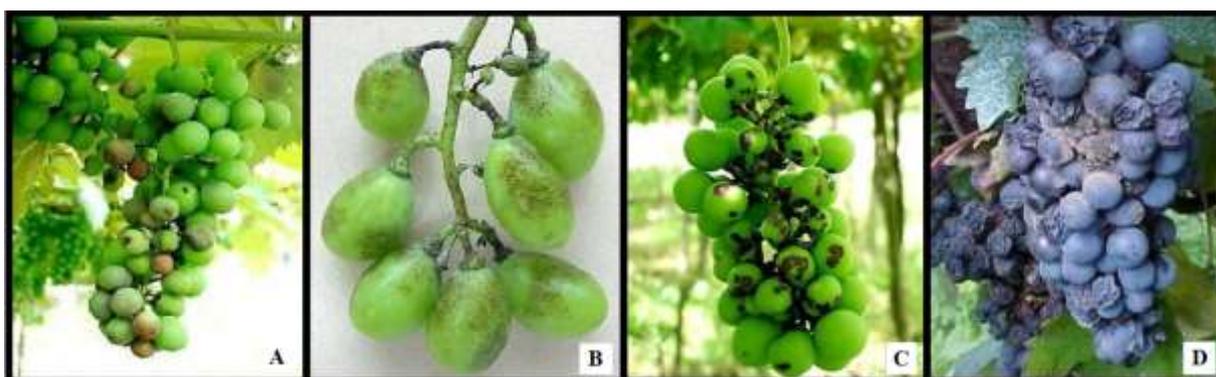
4 DOENÇAS DA VIDEIRA

A incidência de doenças na videira tem sido uma das principais razões das perdas econômicas do setor da viticultura mundial (BRIZ-CID *et al.*, 2015; DZEDZE *et al.*, 2019;

EPI-AGRI, 2019). Elevada umidade e temperaturas amenas são fatores propícios para acarretar um ambiente favorável ao desenvolvimento destas doenças que constituem num dos principais problemas para a produção qualitativa e quantitativa de uva (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005; TELES *et al.*, 2014). Em regiões onde as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento destas doenças, os tratamentos fitossanitários podem atingir 30% do custo total de produção (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005).

Entre as doenças de maior importância para a viticultura no sul do Brasil encontram-se o míldio, o oídio, a antracnose e a podridão cinzenta (Figura 1) (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005).

Figura 1 – Sintomas das principais doenças da videira. A: Míldio; B: Oídio; C: Antracnose e D: Podridão cinzenta.



Fonte: Adaptado de Garrido e Gava (2014).

4.1 MÍLDIO

Originário da América do Norte, o míldio da videira, é causado pelo patógeno *Plasmopara viticola*, um parasita obrigatório, que cresce intercelularmente no tecido hospedeiro através de hifas cenocíticas e intracelularmente através de haustórios. A temperatura ótima para o desenvolvimento do patógeno é de 20°C a 25°C e a umidade ótima acima de 95% (NOGUEIRA *et al.*, 2017; SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005). Inverno úmido, seguido de primavera úmida e verão chuvoso, garantem a sobrevivência dos oósporos e sua abundante germinação, provocando o rápido desenvolvimento do míldio. Sob condições favoráveis, o patógeno pode completar seu ciclo em apenas quatro dias (GARRIDO; GAVA, 2014).

O míldio pode afetar todas as partes verdes em desenvolvimento da planta, as folhas atingidas caem prematuramente, privando a planta de seu órgão de nutrição. Na inflorescência o patógeno provoca a seca das ráquis e a queda de bagas. Quando o ataque ocorre na fase de floração, as inflorescências secam e caem (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005). Deve-se ter maior cuidado no controle do míldio durante a floração até o início da maturação, pois é neste período que ocorre a infecção no cacho, causando o "míldio larvado ou grão preto". Os tratamentos devem ser preventivos, pois após o aparecimento do "grão preto" os danos e os prejuízos já foram produzidos (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005).

4.2 OÍDIO

O oídio é uma doença causada pelo fungo *Uncinula necator* (Schw.) Burril, forma sexuada de *Oidium tuckeri* Berk. O fungo é um parasita biotrófico, ascomiceto pertencente à ordem Erysiphales (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005). É uma doença de clima fresco e seco, temperaturas entre 20 e 27°C são ótimas para a sua infecção e desenvolvimento. A germinação dos conídios ocorre em aproximadamente 5 horas a 25°C e é inibida por temperaturas acima de 35°C e luz solar. Chuvas fortes também são desfavoráveis à doença por remover os conídios e destruir o micélio do fungo (GARRIDO; GAVA, 2014). Caracteriza-se por ser um dos patógenos mais difundidos e o mais prejudicial das videiras, pois requer apenas 40% de umidade relativa para germinar, um limiar que é facilmente alcançado na superfície inferior das folhas, mesmo que o ar circundante seja seco (KELLER, 2020).

A ocorrência do oídio é caracterizada pela infecção de todos os órgãos verdes da planta, como folhas, pecíolos, inflorescências e frutos (GARRIDO; GAVA, 2014). O fungo penetra apenas nas células da epiderme, através da emissão de haustórios, a fim de retirar os nutrientes necessários à sua sobrevivência. Nas folhas podem aparecer manchas cloróticas com uma fina camada de pó branco acinzentado, facilmente removido. Em infecções precoces, as bagas tornam-se frágeis e racham, expondo as sementes. Em ataques tardios as bagas não racham, mas apresentam manchas (GARRIDO; GAVA, 2014; JACKSON, 2008; KELLER, 2020).

O controle do oídio deve ser realizado de forma preventiva, principalmente da fase vegetativa até a frutificação, período em que as plantas estão mais vulneráveis ao patógeno. Mesmo baixos níveis de infecção podem afetar negativamente a qualidade da uva. Além

disso, a presença deste fungo pode aumentar a suscetibilidade a outras doenças, pragas e organismos deteriorantes na videira (GADOURY *et al.*, 2012; KELLER, 2020).

4.3 ANTRACNOSE

A antracnose é causada pelo fungo *Elsinoe ampelina* Shear (*Sphaceloma ampelinum* de Bary) e pode atacar toda a parte aérea da planta, sendo os tecidos jovens e verdes os mais susceptíveis a doença (GARRIDO; GAVA, 2014; NOGUEIRA *et al.*, 2017). Os conídios são produzidos na primavera, fase de crescimento vegetativo da videira, sob condições favoráveis, como a umidade, sendo estes responsáveis pela continuação da doença em safras seguintes (GARRIDO; GAVA, 2014). O fungo tem capacidade de infectar todas as partes verdes da planta, inicialmente aparecem manchas castanhas nas folhas e nervuras. As áreas afetadas ficam necrosadas, podendo ocorrer a perfuração do tecido foliar (SÔNEGO; GARRIDO; GRICOLETTI-JÚNIOR, 2005). Após o desenvolvimento de cachos, os sintomas podem aparecer no pedúnculo e nas bagas, onde aparecem lesões arredondadas, necróticas, deprimidas, com coloração castanho-escura (GARRIDO; GAVA, 2014).

Depois de estabelecida, a antracnose é de difícil controle, assim, devem ser adotadas medidas preventivas, como escolha do local adequado de plantio, uso de material de propagação sadio, adubação equilibrada e a eliminação de plantas ou partes vegetais doentes. A doença é responsável por ocasionar danos severos na produção, reduzindo significativamente a qualidade e quantidade de frutos (SÔNEGO; GARRIDO; GRICOLETTI-JÚNIOR, 2005).

4.4 PODRIDÃO CINZENTA

A podridão cinzenta, também conhecida como podridão do cacho ou mofo cinzento é causada pelo fungo *Botryotinia fuckeliana* (De Bary) Whetzel, forma conidial *Botrytis cinerea* (Pers. ex Fr.) (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005). Este fungo apresenta grande capacidade reprodutiva, fácil disseminação, ampla adaptação térmica e enzimas pectinolíticas que degradam as paredes celulares (JALIL *et al.*, 1997). A infecção do patógeno na planta ocorre na fase da floração, e permanece em estado de latência até a maturação dos frutos, quando então, ocorre o desenvolvimento da infecção propriamente (LIMA *et al.*, 2009; SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005).

Na videira, os sintomas da infecção de um modo geral podem manifestar-se em folhas, ramos e inflorescências, porém os danos mais severos ocorrem nos cachos, sendo que a deterioração dos frutos pode ser na pré e/ou pós-colheita (SONEGO; GARRIDO; GRIGOLETTI-JUNIOR, 2005). Além de afetar a produtividade do vinhedo, a podridão cinzenta afeta a qualidade da uva e do vinho. O fungo *Botrytis cinerea* converte açúcares simples em glicerol e ácido glucônico, também reduz a concentração de aminoácidos e degrada os compostos aromáticos (terpenóides) (KELLER, 2020; LIMA *et al.*, 2009). A infecção também é caracterizada pela produção de proteínas de *B. cinerea* que podem ser encontradas em uvas e posteriormente em seus vinhos, como ATP sintase, desidrogenases hidroxisteróides (LORENZINI *et al.*, 2015), glicosídeo hidrolase, beta-1,3-gucanase (PERUTKA *et al.*, 2019) e lacases (KUPFER *et al.*, 2017; PERUTKA *et al.*, 2019).

As lacases, enzimas extracelulares altamente glicosiladas que pertencem à família das polifenoloxidasas, podem oxidar os compostos fenólicos nas uvas e continuar esta ação no mosto que está fermentando ou no vinho após vinificação (MACHEIX *et al.*, 1991; PEZET *et al.*, 2003). A oxidação dos compostos fenólicos acarreta a instabilidade do mosto e da cor do vinho. Quando os compostos fenólicos são oxidados, são convertidos em quinonas, que por sua vez podem formar polímeros marrons, os quais causam a descoloração nos vinhos tintos e o escurecimento nos vinhos brancos (KELLER, 2020; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b; STEEL; BLACKMAN; SCHMIDTKE, 2013). Pesquisadores relataram defeitos organolépticos em mostos e vinhos elaborados com uvas infectadas por *B. cinerea*, como por exemplo, o aparecimento de aromas terrosos como de cogumelos, mofo e cânfora (PINAR *et al.*, 2016; STEEL; BLACKMAN; SCHMIDTKE, 2013). Em relação à sensação na boca, os vinhos tintos contaminados por *B. cinerea* foram descritos como menos adstringentes (KY *et al.*, 2012).

4.5 CONTROLE DAS DOENÇAS DA VIDEIRA

O controle químico de doenças de plantas consiste na aplicação de produtos sintéticos, e em muitos casos, é a única medida eficiente e economicamente viável para garantir a produtividade e a qualidade de produção (AMORIM *et al.*, 2011). Para o controle das doenças na videira deve-se também utilizar uma série de medidas preventivas, como proporcionar uma boa aeração e insolação através da exposição adequada, redução da densidade das mudas no viveiro, aplicação de tratamentos culturais como a retirada das folhas infectadas das plantas e a

retirada das folhas caídas no solo, poda verde e adubação nitrogenada adequada (SONEGO; GARRIDO, 2005; WILCOX, 2014).

Atualmente, no mercado brasileiro encontra-se uma diversidade de fungicidas, com diferentes princípios ativos para o controle das doenças da videira, porém apesar da sua eficiência, a maioria dos princípios ativos encontra-se em classe de risco tanto para a saúde humana como para o meio ambiente (AGROFIT, 2022). Além disto, o uso excessivo de fungicidas sintéticos pode induzir resistência nas plantas (MARTINEZ *et al.*, 2003). Para Ghini e Kimati (2002) a resistência é um dos problemas mais sérios do controle das doenças em plantas.

Após aplicação de fungicidas na videira, resíduos químicos podem permanecer na uva em diferentes partes como, casca, polpa e sementes, e ser transferidos para o mosto e vinho (OLIVA *et al.*, 2009). Por consequência dos diversos problemas gerados a partir do controle químico convencional, assim como o aumento da exigência do consumidor por produtos menos agressivos a saúde e ao meio ambiente, pesquisas envolvendo o uso de diferentes substâncias naturais ou sintéticas, estão sendo realizadas a fim de oferecer tratamentos alternativos ao controle químico convencional (FENG *et al.*, 2011; LANDI; FELIZIANI; ROMANAZZI, 2014; PEREIRA *et al.*, 2012).

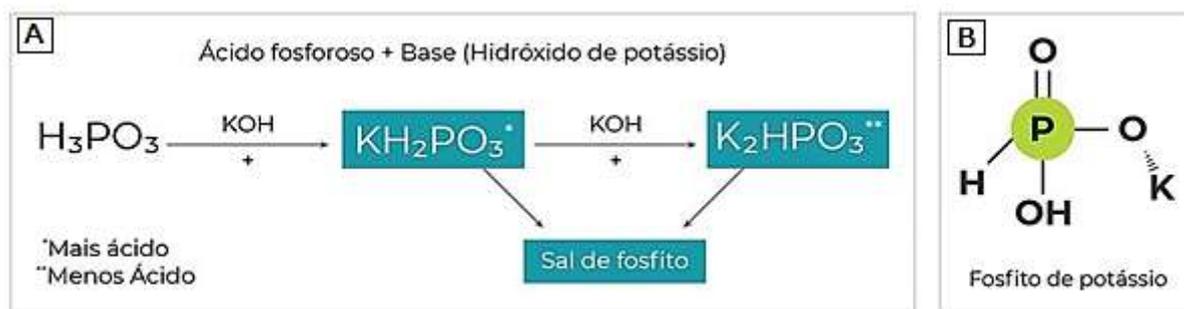
Estudos demonstram que dentre estas substâncias alternativas utilizadas frente às doenças fúngicas em plantas estão o fosfito de potássio e a biguanida polimérica. O uso da biguanida polimérica tem-se apresentado promissora contra diferentes fungos, além de ser considerada segura, eficiente e versátil na sua aplicação (SANTOS; FERNANDES, 2010; FENG *et al.*, 2011; REBONG *et al.*, 2011). Com relação a aplicação de produtos à base de fosfito este mostrou-se eficiente contra patógenos causadores de doenças da videira (DALBÓ; SCHUCK, 2003; PEREIRA *et al.*, 2012), com resultados similares aos proporcionados pelo uso dos fungicidas convencionais (SONEGO; GARRIDO, 2005).

4.5.1 Fosfito de potássio

Os fosfitos são compostos originados da neutralização do ácido fosforoso (H_3PO_3) por uma base, que pode ser hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de amônio, entre outras, sendo a mais utilizada o hidróxido de potássio, formando o fosfito de potássio (Figura 2) (REUVENI, 1997). Segundo Guest e Grant (1991), os fosfitos possuem alto grau de solubilidade, por isso apresentam rápida absorção pelas plantas, além de translocação via

xilema e floema. Estes fatores aliados ao seu baixo custo estão entre as principais vantagens do seu uso (MENEGHETTI, 2009).

Figura 2 - Mecanismo da reação do ácido fosforoso e hidróxido de potássio para a formação do fosfito de potássio (A) e estrutura química do fosfito de potássio (B).



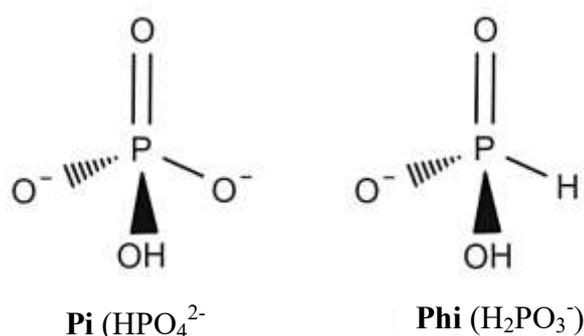
Fonte: Marques (2019).

No Brasil, os fosfitos são registrados como fertilizantes e apresentam indicação de aplicação principalmente por via foliar ou no solo (MAPA, 2018) e a legislação não preconiza limite máximo de resíduo para o fosfito de potássio em nenhuma cultura (ANVISA, 2019). Nos Estados Unidos, há uma regulamentação para o uso do ácido fosforoso e seus sais, inclusive o fosfito de potássio. Quando utilizado como fungicida ou em pós-colheita no cultivo de batata é estabelecido o resíduo máximo de 35.600 ppm de ácido fosfórico, contudo quando é utilizado com a finalidade de aumentar os níveis de resistência da planta não é estabelecido um limite máximo (GPO, 2020). Na Europa, em relatório publicado pelo Diretório Central de Saúde e Consumidores da União Europeia, foi citado que os resíduos provenientes do ingrediente ativo fosfito de potássio, não tem efeito nocivo sobre a saúde humana e animal (EUROPEAN COMMISSION, 2013).

Levando em consideração o baixo risco à saúde exibido pelos produtos que contém o fosfito em sua formulação (EUROPEAN COMMISSION, 2013), o baixo custo (MENEGHETTI, 2009) e o seu efeito sobre doenças de origem fúngica, a aplicação de fosfito vem sendo estudada em diferentes culturas como maçã (BONETI; KATSURAYAMA, 2005), maracujá (ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016), tomate (VINAS; MENDEZ; JIMENEZ, 2020), uva (SILVA *et al.*, 2019) e soja (GILL *et al.*, 2018), frente ao controle de doenças ocasionadas por fungos. Assim, sua utilização a campo torna-se uma alternativa frente ao controle de doenças fúngicas em plantas (PEREIRA *et al.*, 2012; RIBEIRO-JÚNIOR *et al.*, 2006; ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016).

A ação fungicida dos fosfitos está relacionada à sua estrutura química, que é similar ao fosfato (Figura 3). Os fosfitos apresentam um átomo de hidrogênio no lugar de um dos átomos de oxigênio que está presente nos fosfatos, desta forma a diferença de ligações e de carga iônica faz com que os fosfitos não apresentem a estrutura simétrica perfeita que possui os fosfatos, o que lhe confere a atividade fungicida (ACHARY *et al.*, 2017; DALIO *et al.*, 2012; GUEST; GRANT, 1991; McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001).

Figura 3 – Comparação entre o ânion fosfato (Pi) e fosfito (Phi).



Fonte: McDonald, Grant e Plaxton (2001).

Apesar dos produtos à base de fosfito possuírem ação antifúngica, ainda não se sabe o exato modo de ação. Alguns trabalhos demonstram que os fosfitos atuam diretamente sobre o fungo (CERQUEIRA *et al.*, 2017; GUEST; GRANT, 1991) enquanto outros afirmam que sua ação está relacionada a ativação dos mecanismos de defesa das plantas (DALIO *et al.*, 2012; ESHRAGHI *et al.*, 2011). Neste último, ocorre o aumento de resistência das plantas devido à ativação do seu mecanismo de defesa através da resistência sistêmica adquirida - SAR (do inglês: *systemic acquired resistance*), por meio de mudanças físico-químicas no tecido vegetal, como lignificação da parede celular com formação de barreiras à penetração do patógeno e acúmulo de substâncias tóxicas ao patógeno, como a produção de fitoalexinas que são substâncias naturais de defesa da planta (DANIEL; GUEST, 2005; ESHRAGHI *et al.*, 2011; JACKSON *et al.*, 2000).

Estudos demonstram que os fosfitos apresentam potencial no controle fúngico tanto *in vitro* como *in vivo*. Rocha-Sobrinho e colaboradores (2016) avaliaram a eficiência do fosfito de potássio frente ao fungo *Fusarium solani*, proveniente do maracujazeiro, e observaram resultados positivos na inibição do patógeno em concentrações de 50 ppm em cultivo *in vitro*. Boneti e Katsurayama (2005) em ensaios *in vitro* e testes preliminares realizados a campo, também observaram resultados satisfatórios do uso do fosfito no controle da sarna da macieira causada pelo fungo *Venturia inaequalis*. Na videira, pesquisa realizada por Silva *et al.* (2019)

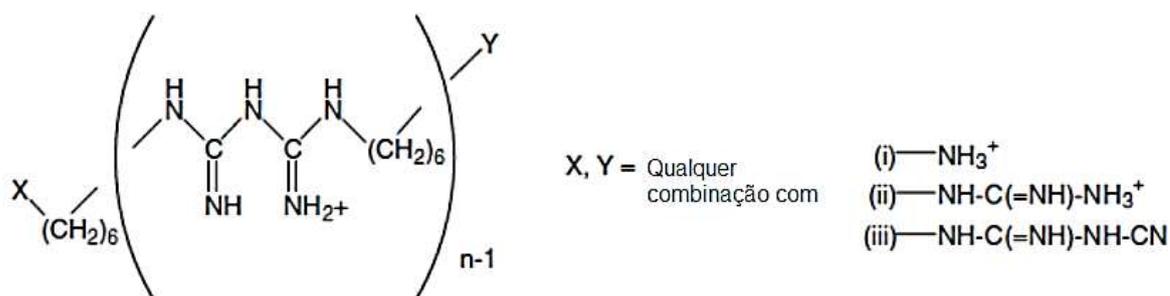
demonstrou que a aplicação foliar de fosfito de potássio, além de causar uma redução da incidência da antracnose causada pelo fungo *Elsinoe ampelina*, influenciou positivamente no comprimento e peso dos cachos da uva.

4.5.2 Biguanida polimérica

A biguanida é um composto que apresenta potencial antimicrobiano e versatilidade na sua utilização, uma vez que pode ser usada na preservação de cosméticos, produtos farmacêuticos assim como em formulações de desinfetantes e sanitizantes para aplicação em diversas áreas. Pode ser encontrada na forma de biguanida monomérica e biguanida polimérica (FRANZIN, 2005). Cabe ressaltar que estudos comprovaram que as biguanidas poliméricas apresentam maior potencial antimicrobiano do que as monoméricas. Este fato justifica um maior interesse dos pesquisadores em desenvolver sanitizantes a base de biguanida polimérica, devido ao seu amplo espectro de atuação (FRANZIN, 2005; WESSELS; INGMER, 2013).

A biguanida polimérica foi sintetizada na década de 1950, na Inglaterra, nos laboratórios da ICI (do inglês: *Imperial Chemical Industries*) (BLOCK, 2001; KAEHN, 2010). A sua composição consiste na mistura de biguanidas poliméricas de estrutura $[-(\text{CH}_2)_6\text{NH.C(=NH).NH.C.NH-}]_n$, onde n pode variar de 2 a 40, resultando em uma gama de compostos de massa molecular entre 400-8000 Dalton. Sua estrutura química apresenta diversas combinações em seu grupo terminal que pode ser amidas, guanidas ou cianoguanidas (Figura 4) (ALLEN; WHITE; MORBY, 2006; BROXTON *et al.*, 1984; O'MALLEY; COLLINS; WHITE, 2006).

Figura 4 - Estrutura química da biguanida polimérica, contemplando os seus grupos terminais X e Y, podendo estes ser (i)- grupo amina; (ii)- grupo guanidina; (iii)- grupo cianoguanidina.



Fonte: O'Malley, Collins e White (2006).

A biguanida polimérica apresenta como característica formar soluções incolores, inodoras, de natureza catiônica, quimicamente estável, com baixa formação de espuma, alta solubilidade em água, baixa volatilidade e corrosividade (GILBERT; MOORE, 2005; MUANGMAN; NITIMONTON; ARAMWIT, 2011). Além disso, é um agente antimicrobiano de amplo espectro sendo considerado seguro, eficiente e versátil na sua aplicação (SANTOS; FERNANDES, 2010). Desta forma, vem sendo amplamente empregada como ingrediente ativo na composição de produtos farmacêuticos, de higiene pessoal, cosméticos e perfumes para a preservação e controle de microorganismos patogênicos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, bem como, também é utilizada em formulações desinfetantes e sanitizantes (ALLEN; WHITE; MORBY, 2006; GAO; CRANSTON, 2010; KAEHN, 2010; ROSIN *et al.*, 2001; SANTOS; FERNANDES, 2010).

No Brasil, a biguanida polimérica faz parte da lista de substâncias de ação conservante permitidas para formulações de produtos saneantes autorizados pelo Ministério da saúde (BRASIL, 2011). Nos Estados Unidos da América, segundo a Agência de Proteção Ambiental (EPA) a biguanida polimérica é um antimicrobiano utilizado em diversos tipos de aplicações, inclusive como fungicidas, desinfetantes e bacteriostáticos em processos industriais e sistemas de água. Além disso, é considerada como baixo risco de efeitos adversos à saúde humana ou ao meio ambiente (EPA, 2004).

Apesar de ser utilizada principalmente como agente antibacteriano, estudos demonstram que a biguanida polimérica também apresenta ação efetiva contra vírus e diferentes tipos de fungos, porém o mecanismo de ação contra estes patógenos ainda não está bem elucidado. Estudos indicam que o envelope viral é um importante local alvo suscetível da biguanida polimérica, fornecendo uma justificativa para sua atividade preferencial contra vírus envelopados (PINTO *et al.*, 2010). Quanto à ação antifúngica da biguanida polimérica, estudos demonstram resultados promissores da sua utilização em ensaios *in vitro*, sobre *Acanthamoeba spp*, *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Fusarium solani* e *Geotrichum candidum* (FENG *et al.*, 2011; FISCELLA *et al.*, 1997; KAEHN, 2010; REBONG *et al.*, 2011).

No entanto, poucos são os estudos realizados sobre os efeitos da biguanida polimérica no crescimento e desenvolvimento dos fungos em plantas. Em estudo realizado com o objetivo de avaliar a ação da biguanida polimérica sobre o fungo *Geotrichum candidum var. citri-aurantii* causador da podridão azeda em citrus, Feng *et al.* (2011) verificaram que o uso da biguanida polimérica inibiu significativamente ($p < 0,05$) a germinação de artroconídios e

o crescimento micelial de *G. citri-aurantii* de tangerina em estudo *in vitro*. Os mesmos autores avaliaram em estudo *in vivo*, que após as tangerinas serem colhidas no ponto ótimo de maturação estas foram feridas manualmente com um perfurador estéril e então inoculadas com 20 µL de suspensão de artroconídios de *G. citri-aurantii* (1×10^6 artroconídios/mL). Os pesquisadores constataram que a biguanida polimérica reduziu efetivamente a podridão no pós-colheita em tangerina após 7 dias de armazenamento a 26 °C, quando comparado a amostra sem aplicação (controle).

CAPÍTULO 2

FOSFITO DE POTÁSSIO COMO UM PRODUTO PROMISSOR PARA O MANEJO DE DOENÇAS FÚNGICAS NA AGRICULTURA: UMA REVISÃO

RESUMO

O fosfito de potássio é um derivado do ácido fosforoso combinado com uma base, o potássio. O íon fosfito é facilmente transportado nas plantas via xilema e floema, por isso tem sido utilizado de diversas formas como aplicação foliar, rega da raiz, injeção no tronco, misturado na solução nutritiva em hidroponia, tratamento de sementes, ou como tratamento em imersão de sementes e frutos como alternativa para o controle de organismos fitoparasitas, além do seu uso como bioestimulador. O objetivo desta revisão foi investigar o uso do fosfito de potássio no controle de doenças fúngicas na agricultura, tanto em ensaios *in vitro* como *in vivo*, como uma forma alternativa à aplicação dos fungicidas convencionais. A metodologia utilizada para a revisão consistiu-se em uma busca de publicações em periódicos nacionais e internacionais nas bases eletrônicas de dados: SciELO, Science Direct, Wiley Online Library, SCOPUS (Elsevier), Taylor & Francis e Springer Link no período entre os anos 2017 e 2021. Após critérios de inclusão e exclusão foram encontrados 22 artigos, cujas informações foram compiladas e discutidas. Comunicados técnicos, livros e artigos foram consultados para obter conceitos gerais a cerca das características químicas, mecanismo de ação, métodos de aplicação e toxicidade dos fosfitos. Pode-se observar que o fosfito de potássio é uma possível alternativa a ser utilizado de maneira eficaz frente às doenças fúngicas na agricultura tanto de forma isolada como combinada com os fungicidas convencionais. Desta forma, o potencial para a inclusão do fosfito de potássio em programas de gerenciamento de doenças fúngicas merece mais investigação e maior inovação regulatória, uma vez que visa consolidar as práticas agrícolas alternativas e sustentáveis.

Palavras-chave: bioestimulante; fungicidas; patógenos; sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura contribui para 6,4% de toda a produção econômica mundial e em pelo menos nove países do mundo é o setor dominante da economia (PATHAN *et al.*, 2020). No entanto, as doenças fúngicas são um dos principais problemas tanto no manejo da cultura como no armazenamento pós-colheita em todo o mundo, responsáveis por perdas qualitativas e quantitativas em todo o setor. Devido ao seu custo relativamente baixo, facilidade de uso e eficácia, os fungicidas se tornaram o principal meio de controle das doenças fúngicas (XIA *et al.*, 2006). Os fungicidas pertencem a um grupo de pesticidas que inibem o crescimento dos fungos por causar danos às células ou impedir o seu desenvolvimento. Apesar de sua ação efetiva depender da dose e modo de aplicação na planta, apresentam alta efetividade no controle de doenças (GULLINO *et al.*, 2000).

O uso massivo e continuado dos fungicidas sintéticos, aliado à falta de condições adequadas e controladas da sua aplicação, têm gerado inúmeros problemas tanto para o meio ambiente como também para a saúde humana. Os efeitos adversos à exposição aos fungicidas já foram relatados e incluem problemas endócrinos, imunológicos, neurológicos e carcinogênicos, bem como nascimentos prematuros (GHISARI *et al.*, 2015; IGBEDIOH, 1991; LING *et al.*, 2018; PIROZZI *et al.*, 2016). No meio ambiente o seu acúmulo pode perturbar o equilíbrio ecológico e originar novas cepas de fungos patogênicos resistentes a fungicidas (IGBEDIOH, 1991; LARI *et al.*, 2014). As desvantagens associadas ao uso indevido e ao uso excessivo dos fungicidas sintéticos têm despertado a necessidade de estratégias alternativas no manejo das doenças fúngicas (ABBEY *et al.*, 2019). Entre essas estratégias, pesquisas apresentam resultados satisfatórios com a aplicação dos fosfitos em diferentes culturas (GADAGA *et al.*, 2017; GARGANESE *et al.*, 2019; LOBATO *et al.*, 2011).

Os fosfitos são compostos originados da neutralização do ácido fosforoso (H_3PO_3) por uma base, que pode ser hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de amônio, entre outras, sendo a mais utilizada o hidróxido de potássio, formando o fosfito de potássio (DELIOPOULOS; KETTLEWELL; HARE, 2010; REUVENI, 1997). O fosfito é um isómero do ânion fosfato ($H_2PO_4^-$) e a diferença química entre ambos é um átomo de oxigênio que é substituído por outro de hidrogênio, o que confere aos fosfitos maior mobilidade no solo e nos tecidos vegetais, bem como uma maior capacidade de penetração através das folhas, caules e raízes (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001).

Os fosfitos são considerados ambientalmente sustentáveis para os sistemas de cultivo, uma vez que não são metabolizados por organismos eucarióticos, portanto, não criam um impacto negativo na biodiversidade e no meio ambiente (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015; MANNA *et al.*, 2016). De acordo com Lobato *et al.* (2008), a utilização de fosfitos pode ser considerada uma estratégia adicional a ser incluída em programas de manejo de doenças para reduzir o uso intensivo de fungicidas. Nesse sentido, o uso do fosfito de potássio está alinhado aos preceitos da química verde na agricultura, que possui como objetivo procurar e identificar alternativas para a substituição de substâncias de alta toxicidade por outras de menor impacto ao meio ambiente (PERLATTI; FORIM; ZUIN, 2014).

O fosfito de potássio, como alternativa para o controle de organismos fitoparasitas, tem sido amplamente estudado e comprovadamente eficaz contra Oomycetes (CERIONI *et al.*, 2013; GILARD *et al.*, 2018; MULUGETA *et al.*, 2019), bactérias, (AĆIMOVIĆ *et al.*, 2015; LOBATO *et al.*, 2011), nematoides (MILES *et al.*, 2018; OKA; TKACHI; MOR, 2007), além do seu uso como bioestimulador (DEMARTELAERE *et al.*, 2017; GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015). No entanto, o uso do fosfito de potássio frente às doenças fúngicas na agricultura ainda é pouco explorado (GILL *et al.*, 2018). Desta forma, o objetivo desta revisão foi investigar o uso do fosfito de potássio no controle de doenças fúngicas na agricultura, tanto em ensaios *in vitro* como *in vivo*, e avaliar o seu uso como uma forma alternativa à aplicação dos fungicidas convencionais.

2 METODOLOGIA

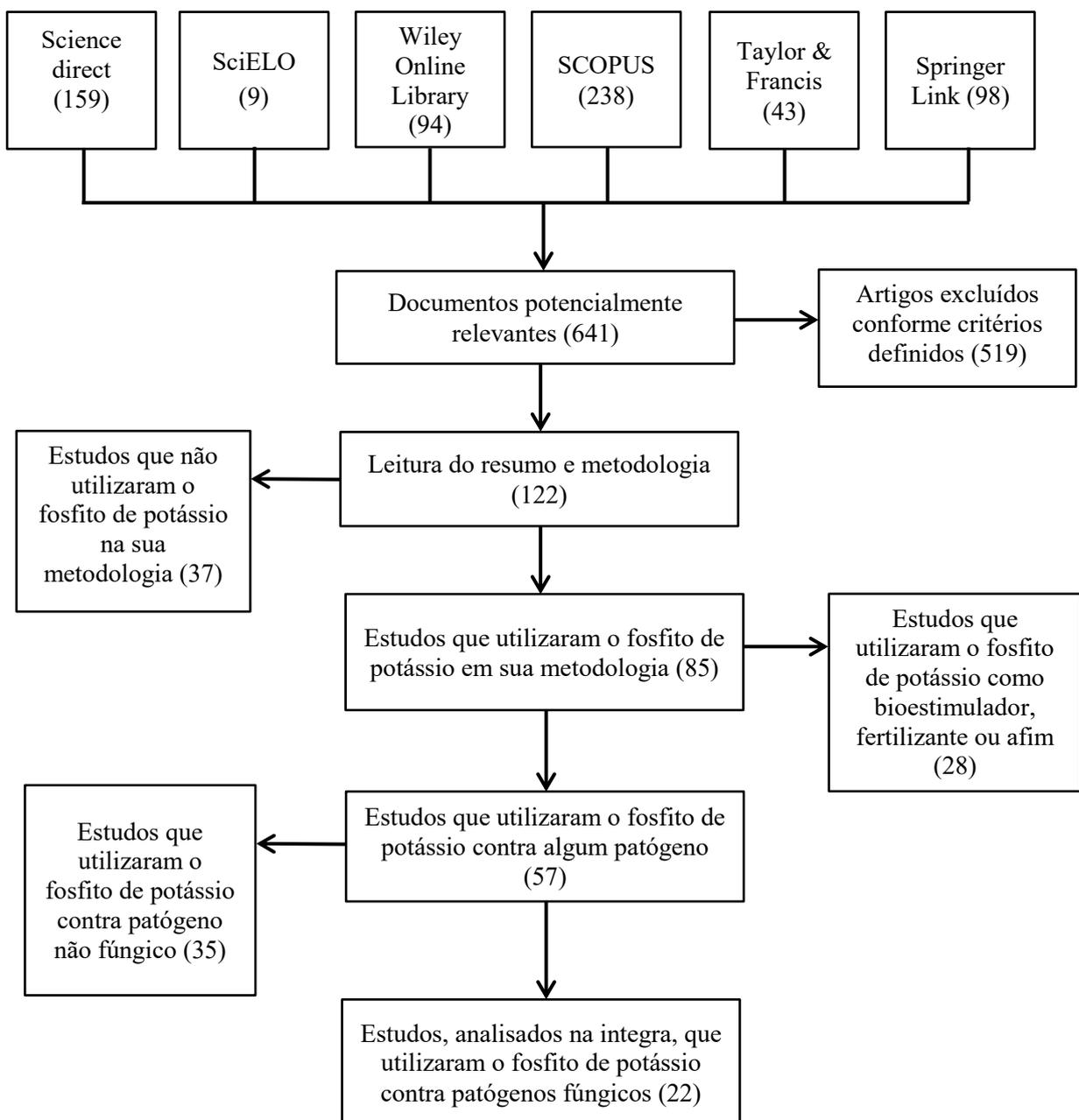
Neste estudo, realizou-se uma revisão de literatura sobre o uso do fosfito de potássio na agricultura contra doenças causadas por fungos no período entre os anos 2017 e 2021. O recurso de análise utilizado foi uma busca de artigos nas seguintes bases referenciais: SciELO, Science Direct, Wiley Online Library, SCOPUS (Elsevier), Taylor & Francis e Springer Link. A busca foi realizada utilizando o termo “*potassium phosphite*” em combinação com as seguintes palavras-chaves, “*fruit*”, “*vegetable*”, “*fungicide*”, “*horticulture*” e “*agriculture*”. Foi utilizado o operador booleano “AND” com a finalidade de restringir a pesquisa aos resumos que apresentavam ao mesmo tempo cada um dos termos.

Foram selecionados apenas artigos escritos em português e inglês e foram excluídos os artigos repetidos entre as diferentes bases referenciais. Para exclusão também foram utilizados os seguintes critérios: artigos que não fossem das temáticas Ciências Agrárias, Ciências dos

Alimentos e Ciências Biológicas; estudos que não abordassem o fosfito de potássio em sua metodologia; estudos que utilizassem o fosfito de potássio em sua metodologia apenas como bioestimulador, fertilizante ou afim e estudos que utilizassem o fosfito de potássio contra algum patógeno que não fosse fúngico como, por exemplo, protozoários, algas e ácaros.

A Figura 1 descreve as estratégias utilizadas para a busca nas bases de dados referidas, bem como o número de artigos encontrados e aceitos de acordo com os critérios pré-definidos.

Figura 1 - Processo de seleção dos artigos para pesquisa.



Nota: O número de artigos em cada etapa está indicado entre parênteses

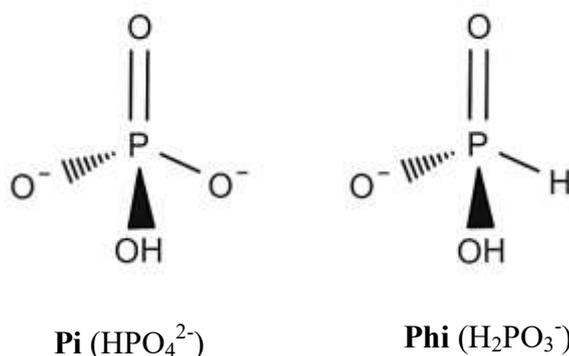
Fonte: Elaborado pela autora.

Além das bases de dados citadas, as bibliografias dos artigos selecionados, também foram revisadas para a obtenção de citações adicionais. Também foram consultados comunicados técnicos, livros e artigos, para obter dados gerais acerca das características químicas, mecanismo de ação, métodos de aplicação e toxicidade dos fosfitos, incluindo o fosfito de potássio.

3 QUÍMICA DOS FOSFITOS

O fosfito é um isómero do ânion fosfato, em que um dos átomos de oxigênio ligado ao átomo de fósforo é substituído por um átomo de hidrogênio (Figura 2) (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001; VARADARAJAN *et al.*, 2002). Nos fosfatos, o átomo de fósforo está localizado no centro e os átomos de oxigênio são distribuídos nas pontas do tetraedro. A carga do íon é distribuída uniformemente entre esses quatro átomos de oxigênio, de modo que toda a estrutura é totalmente simétrica em relação a qualquer face do tetraedro. Nos fosfitos, o átomo de fósforo também está disposto no centro do tetraedro, porém com perda da simetria (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001). Esta alteração na estrutura molecular provoca diferenças significativas que influenciam na solubilidade, efeitos no metabolismo e na fisiologia vegetal (LOVATT; MIKKELSEN, 2006).

Figura 2 - Comparação entre o ânion fosfato (Pi) e fosfito (Phi).



Fonte: McDonald, Grant e Plaxton (2001).

O ácido fosforoso (H₃PO₃), quando é misturado à água forma o ácido fosfônico (H₂PHO₃), um ácido muito forte para ser usado em plantas. Porém, quando o ácido fosforoso é misturado a outros produtos químicos pode elevar seu pH e reduzir a possibilidade de causar danos às plantas. Nesse sentido, os sais alcalinos são utilizados para neutralizar o pH do ácido

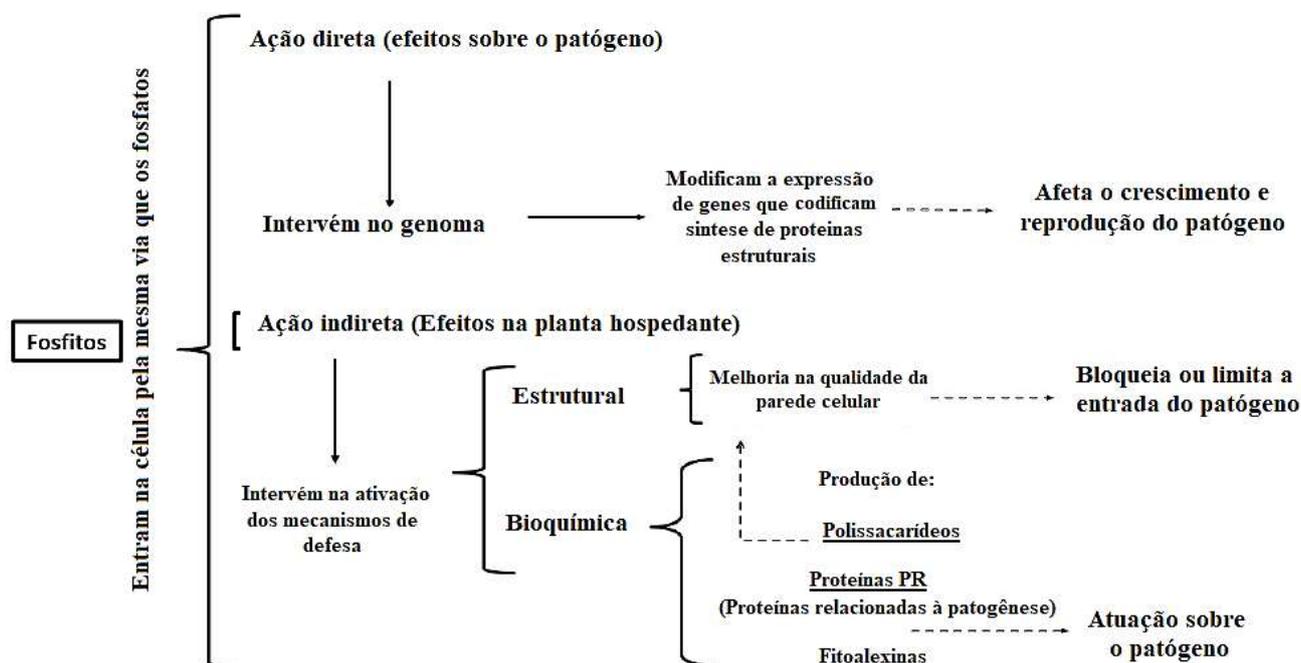
fosfônico, como o hidróxido de potássio (KOH), formando uma mistura conhecida como fosfito de potássio, que é o ingrediente ativo em muitos fungicidas e fertilizantes (LOVATT; MIKKELSEN, 2006).

Tanto os fosfatos como os fosfitos são metabolizados por células vegetais por meio de enzimas transportadoras dos fosfatos (VARADARAJAN *et al.*, 2002). Porém, essas proteínas estão principalmente envolvidas na absorção do fosfato, e seu papel na utilização do fosfito é secundário (GUEST; GRANT, 1991; JOST *et al.*, 2015). É importante ressaltar que estas enzimas transportadoras de fosfato estão distribuídas por toda a planta, e tanto os fosfatos como os fosfitos, podem ser absorvidos pelas folhas por meio de pulverizações foliares, pelas raízes com a aplicação no solo e por meio de água de irrigação, solução nutritiva ou meio de crescimento. No entanto destaca-se que devido a sua maior solubilidade, a absorção e translocação do fosfito são mais eficientes (ACHARY *et al.*, 2017; JOST *et al.*, 2015).

4 MECANISMO DE AÇÃO

Desde a década de 1930, os fosfitos são alvos de diferentes estudos na agricultura (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001; McINTIRE *et al.*, 1950). No entanto, apesar de serem amplamente utilizados há décadas, ainda há divergências quanto ao seu mecanismo de ação contra os microrganismos (DALIO *et al.*, 2014; THAO; YAMAKAWA, 2009). Alguns trabalhos demonstram que os fosfitos atuam diretamente sobre o patógeno (GUEST; GRANT, 1991; ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016), enquanto outros afirmam que sua ação é indireta e está relacionada a ativação dos mecanismos de defesa das plantas (VINAS; MENDEZ; JIMENEZ, 2020; WU *et al.*, 2019) (Figura 3).

Figura 3 – Representação esquemática do modo de ação dos fosfitos.



Fonte: Yáñez-Juárez *et al.* (2018).

4.1 AÇÃO DIRETA

A ação direta dos fosfitos na planta ocorre devido ao contato do íon fosfito com os organismos fitopatógenos, afetando o crescimento e reprodução, pois influencia na expressão de genes que codificam a síntese de compostos essenciais em sua estrutura e fisiologia celular (YÁÑEZ-JUÁREZ *et al.*, 2018). Ensaios *in vitro* têm demonstrado que os fosfitos causam alteração direta no crescimento e reprodução de fitopatógenos, no entanto a sua efetividade pode variar de acordo com a espécie do patógeno e com a concentração utilizada do fosfito (BOCK *et al.*, 2019; DALIO *et al.*, 2014; JACKSON *et al.*, 2000).

Ribeiro-Júnior *et al.* (2006) avaliaram *in vitro* o efeito tóxico de diferentes concentrações do fosfito de potássio direto na germinação de conídios de *Verticillium dahliae*, fungo causador da doença murcha vascular. O estudo demonstrou que a concentração do fosfito adicionado ao meio de cultura influenciou na germinação dos conídios e todas as concentrações testadas apresentaram algum efeito tóxico ao patógeno. Nas doses de 2,5 e 5,0 mL/L de fosfito a germinação dos conídios foi de 0% e 1%, enquanto nas doses de 0,62 e 1,25 mL/L foi de 35% e 21%, respectivamente.

Santos *et al.* (2018) avaliaram a efetividade do uso do fosfito de potássio, fosfito de cobre e fosfito de manganês, adicionados nas concentrações de 0,001; 0,002; 0,004; 0,006% ao meio de cultura ágar batata dextrose (BDA), no controle de *Pythium sp.* Os resultados demonstraram que na concentração de 0,006% todos os fosfitos apresentaram ação fungicida, não havendo o crescimento do patógeno, demonstrando a eficácia dos mesmos para o controle *in vitro* de *Pythium sp.* A inibição do patógeno pelos produtos a base de fosfitos, possivelmente, foi devido à ação direta do produto sobre o fungo, pela atuação no processo da fosforilação oxidativa como observado em oomicetos (MCGRATH, 2004).

A adição de fosfitos ao meio de cultura reduziu o crescimento micelial, bem como o número de estruturas geradoras de esporos e de esporos produzidos e germinados em diferentes espécies como, *Fusarium circinatum* (CERQUEIRA *et al.*, 2017), *Penicillium digitatum* (CERIONI *et al.*, 2013), *Penicillium expansum* (LAI *et al.*, 2017), *Phytophthora cinnamomi* (KING *et al.*, 2010), *Phytophthora infestans* (BÓRZA *et al.*, 2014), *Phytophthora plurivora* (DALIO *et al.*, 2014). De acordo com King *et al.* (2010) o efeito da adição do fosfito de potássio no meio de cultura influencia na expressão dos genes que codificam a síntese de proteínas, que estão envolvidas na biossíntese da parede celular e citoesqueleto de *Phytophthora cinnamomi*, e causa distorção de hifas e lise da parede celular.

4.2 AÇÃO INDIRETA

A ação indireta dos fosfitos está relacionada ao aumento de resistência das plantas devido à estimulação de mecanismos estruturais e bioquímicos de defesa, através da resistência induzida (DANIEL; GUEST, 2005; ESHRAGHI *et al.*, 2011; JACKSON *et al.*, 2000). Esta é frequentemente associada a uma capacidade aumentada de mobilizar respostas de defesa celular induzidas por infecção, um processo denominado 'priming' (CONRATH; PIETERSE; MAUCH-MANI, 2002).

Em estudo realizado por Dalio *et al.* (2014) foi demonstrado que após a aplicação dos fosfitos nas plantas ocorreu o seu acúmulo nas células, ativando o processo 'priming', sem acarretar custo energético para a planta. No entanto, na presença do patógeno, o fosfito que está presente nas células em concentrações que são tóxicas ao microrganismo, causa a ruptura da parede celular do microrganismo e a liberação dos efetores e/ou PAMPs (padrões moleculares associados a patógenos), compostos que são reconhecidos pela planta através dos receptores de reconhecimento de padrão (PRRs) ou proteínas R. Este mecanismo resulta em

uma rápida e intensa ativação do sistema de defesa da planta em comparação com plantas que não receberam a aplicação de fosfito.

Segundo estudo realizado por Eshraghi *et al.* (2011) o fosfito de potássio gerou uma indução de respostas de defesa em plantas do gênero *Arabidopsis* (*Arabidopsis thaliana* L.). As respostas geradas incluíam a transcrição de genes de defesa, produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e lignificação da parede celular. Uma maior lignificação do tecido da parede celular também foi observada em plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) tratadas com o fosfito de potássio, além disso, foi verificado um aumento significativo da atividade enzimática da lacase. Este resultado sugere que o tratamento com o fosfito de potássio pode aumentar significativamente a atividade da lacase, sugerindo uma correlação positiva entre as deposições de lignina, a atividade da enzima e o aumento da capacidade de resistência da planta contra o patógeno (RAMEZANI *et al.*, 2018).

Além do aumento das enzimas lacases e polifenoloxidasas, o incremento da atividade das enzimas oxidativas como superóxido dismutase, peroxidase, catalase e ascorbato peroxidase e substâncias não enzimáticas como, polifenóis foram relatados em diferentes estudos com plantas tratadas com fosfitos (MOHAMMAD *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2019; WU *et al.*, 2019). Esse aumento de atividade enzimática e dos compostos químicos frente à patogênese são respostas das plantas que induzem modificações bioquímicas e fisiológicas e posteriormente limitam o desenvolvimento do patógeno (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001; VAN LOON; VAN STRIEN, 1999).

5 MÉTODOS DE APLICAÇÃO E TOXICIDADE

Os fosfitos são mais eficazes quando a aplicação e a dosagem atendem as necessidades da cultura, que são dependentes do genótipo da planta e estádios fenológicos, bem como das condições climáticas no local de cultivo (LOVATT; MIKKELSEN, 2006). Além disso, o modo de aplicação dos fosfitos pode influenciar na sua translocação na planta, pois são eficientemente absorvidos tanto pelas raízes como pelas folhas devido ao seu transporte ambimóvel, ou seja, translocam-se por toda a planta dentro do xilema e floema. Quando o fosfito é aplicado às raízes é mobilizado através do xilema e se pulverizado nas folhas, o íon é absorvido e transportado pelo floema (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2016).

Por ser de fácil transporte nas plantas e de fácil absorção (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2016; McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001) os fosfitos, principalmente o fosfito de potássio, tem sido utilizado através de aplicações foliares

(GULLINO *et al.*, 2020; SANABRIA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2019), rega das raízes e solo (GILARD *et al.*, 2018; GUO *et al.*, 2021; MILES *et al.*, 2018), injeção no tronco (MASIKANE *et al.*, 2020; MASO; COCKING; MONTECCHIO, 2017; RAMÍREZ-GIL; CASTAÑEDA-SÁNCHEZ; MORALES-OSORIO, 2016), misturado em solução nutritiva para uso em culturas hidropônicas (GILARD *et al.*, 2020), ou através da imersão de sementes ou frutos em soluções com fosfitos (AMARAL *et al.*, 2017; DUTRA *et al.*, 2018; RAMALLO *et al.*, 2019).

Cabe ressaltar que mesmo os fosfitos sendo amplamente aplicados na agricultura, ainda há debates no âmbito técnico e científico sobre seus efeitos e mecanismos na planta, uma vez que não foram totalmente elucidados (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001; THAO; YAMAKAWA, 2009). Além disto, a aplicação de compostos contendo fosfitos deve ser rigidamente controlada e regulamentada, uma vez que dosagens excessivas podem causar toxicidade ou efeitos prejudiciais às plantas (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015; LOVATT; MIKKELSEN, 2006).

Ao avaliar os efeitos do fosfito de potássio no crescimento da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) em mudas obtidas por micropropagação, Hirose e colaboradores (2012) relataram que elevadas doses de fosfito de potássio resultaram na diminuição da velocidade do crescimento, comprimento e peso seco do tubérculo. Em estudo similar, realizado por Manna *et al.* (2016) com arroz japônica (var-Nipponbare), a aplicação de fosfito de sódio em concentrações crescentes resultou na interrupção do crescimento da raiz e do rebento em mudas de tipo selvagem.

Além dos efeitos deletérios, devido a dosagens excessivas do fosfito de potássio, estudos demonstram que, plantas cultivadas em condições limitadas de fósforo são altamente sensíveis aos fosfitos e podem apresentar problemas no desenvolvimento e crescimento (McDONALD; GRANT; PLAXTON, 2001; THAO *et al.*, 2008). Em plantas de espinafre (*Spinacia oleracea* L.) com deficiência de fósforo, ao aplicar fosfito de potássio através de pulverização foliar e na raiz, foi observado efeito negativo no peso seco da parte aérea bem como no crescimento da raiz, não havendo efeitos benéficos (THAO *et al.*, 2008). Em plantas de milho (*Zea mays*) que receberam a aplicação de fosfito de potássio, foi observada uma redução significativa do crescimento quando cultivadas em solo com deficiência de fósforo (SCHROETTER *et al.*, 2006).

No entanto, embora alguns estudos demonstrem possíveis efeitos nocivos dos fosfitos no crescimento das plantas, pesquisadores afirmam que estes efeitos são resultados do uso

inadequado de fosfito, como por exemplo, o uso de fosfito como única fonte de fósforo ou em concentrações elevadas (LOVATT; MIKKELSEN, 2006; WATANABE, 2005).

6 O EFEITO DO FOSFITO DE POTÁSSIO CONTRA ÀS DOENÇAS FÚNGICAS NA AGRICULTURA

As doenças fúngicas atacam diferentes culturas e a sua incidência reduz a produtividade com consequentes perdas econômicas (FURTADO; DORNELES; DALLAGNOL, 2020; GADAGA *et al.*, 2017; GULLINO *et al.*, 2020). Em anos de condições favoráveis ao ataque de fitopatógenos, os prejuízos podem ser tão severos que chegam a comprometer não apenas a produtividade anual como também as produtividades futuras (SILVA *et al.*, 2019). O manejo destas doenças é uma das necessidades primordiais na agricultura, o qual é realizado usualmente com aplicação de fungicidas convencionais. O uso indiscriminado e em excesso de fungicidas pode apresentar consequências tanto para a saúde humana como também ao meio ambiente (GAVA *et al.*, 2021; MARGNI *et al.*, 2002). Em vista disso, novas técnicas de cultivo atrelado a compostos alternativos aos fungicidas convencionais são estudadas, entre estes compostos encontra-se o fosfito de potássio (GARGANESE *et al.*, 2019).

A aplicação de fosfito de potássio visando o controle de doenças causadas por espécies de pseudofungos pertencentes à ordem Oomycetes, especialmente *Phytophthora* sp., já foi amplamente estudada (FENN; COFFEY, 1984; GUEST; GRANT, 1991; JACKSON *et al.*, 2000). No entanto, atualmente diversas pesquisas em diferentes culturas, tanto em ensaios *in vitro* como *in vivo*, têm sido realizadas para verificar a eficiência do fosfito de potássio contra diferentes espécies de fungos, visto que o seu mecanismo de ação contra fungos fitopatogênicos ainda não é completamente conhecido.

Neste estudo, as publicações científicas relacionadas ao uso do fosfito de potássio frente às doenças fúngicas na agricultura foram identificadas através da pesquisa realizada em diferentes bases de dados. Após a aplicação dos fatores de inclusão e exclusão, obteve-se 22 artigos científicos. Os 22 artigos foram analisados a partir da leitura das metodologias e dos resultados e foram incluídos nesta revisão. Dentre os estudos analisados, 72,7% avaliaram o uso do fosfito de potássio apenas *in vivo*, enquanto que 9,1% dos estudos avaliaram apenas *in vitro* e 18,2% realizaram avaliações tanto *in vitro* como *in vivo*. As aplicações do fosfito de potássio nas culturas foram realizadas, em sua grande maioria, através de pulverizações (63,6%), sendo a pulverização foliar a mais utilizada (71,4%). Dentre os 22 artigos incluídos

nesta revisão, 31,8% utilizaram o fosfito de potássio frente a fungos pertencentes ao gênero *Colletotrichum*, entre eles as espécies, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum musae* responsáveis por doenças em culturas como mamão, maracujá, banana e feijão. Ressalta-se que apenas um estudo (4,5%) utilizou o fosfito de potássio contra o fungo *Elsinoe ampelina* responsável por doenças causadas na videira.

O Quadro 1, demonstra um resumo da bibliografia encontrada entre os anos de 2017 e 2021, sobre o efeito do uso fosfito de potássio no controle de doenças fúngicas na agricultura.

Quadro 1- Aplicação do fosfito de potássio e o seu efeito como antifúngico em diferentes culturas.

(Continua)

Cultura	Doença	Patógeno	Concentração do fosfito de potássio	Método de aplicação	Aplicação do fosfito de potássio	Resultado	Referência
Abobrinha	Oídio	<i>Podosphaera xanthii</i>	2,5 g/L	Pulverização foliar	2 e 7 dias após transferir as plantas para os fitotrons.	Baixa redução da doença, sem diferença significativa do controle (sem aplicação).	Gullino <i>et al.</i> (2020)
Alface	Murcha de Fusarium	<i>Fusarium oxysporum</i>	1,3 g/L + 1,06 g/L (P:K / 52%:42%)	Pulverização no solo	4 aplicações: a 1º foi realizada em mudas em fase de germinação, enquanto as outras três foram aplicadas em intervalos de 5 dias.	Redução significativa da doença tanto no solo infestado artificialmente quanto no solo infestado naturalmente pelo patógeno.	Gilard <i>et al.</i> (2018)
Alface	Murcha de Fusarium	<i>Fusarium oxysporum</i>	1,3 g/L + 1,06 g/L (P:K / 52%:42%)	Pulverização no solo	As aplicações ocorreram nos estágios T0 (segundo estágio da folha verdadeira), T7 e T14 (intervalos de 7 dias) e T21 (imediatamente antes do transplante).	Redução de 65% da severidade da doença. A redução foi estatisticamente semelhante aos fungicidas cibenzolar-S-metil (56%, eficácia) e azoxistrobina (59% de eficácia).	Gilard <i>et al.</i> (2020)
Banana	Antracnose	<i>Colletotrichum musae</i>	1,5 g/L	Pulverização nos cachos	4 aplicações (intervalo de 30 dias) e 8 aplicações (intervalo 15 dias).	Baixa eficiência no controle da antracnose, com resultados semelhantes ao controle (sem aplicação).	Rodrigues <i>et al.</i> (2020)
Café	Ferrugem do café	<i>Hemileia vastatrix</i>	Fitofos-K-Plus®: 1,5 e 3,0 mL/L e Phosfik PK®: 3,0 e 6,0 mL/L	Pulverização foliar	As soluções de fosfito foram pulverizadas 24 h antes da inoculação com <i>H. vastatrix</i> . As plantas foram inoculadas com <i>H. vastatrix</i> 24 horas após a lavagem ou não das folhas com água.	Quando aplicado na dose dupla (sem lavagem das folhas) e na dose padrão (com lavagem das folhas) ocorreu a diminuição da severidade da Ferrugem do café.	Honorato Júnior <i>et al.</i> (2021)
Café	Ferrugem do café	<i>Hemileia vastatrix</i>	Isolado: 2,0 L/ha Combinado com fungicida: 1,0 L/ha	Pulverização foliar	A pulverização foi iniciada no início do período chuvoso, com o início dos primeiros sintomas da doença, e uma segunda aplicação foi realizada cerca de 45 dias após a primeira.	Todos os tratamentos utilizando o fosfito de potássio de forma isolada ou combinada com o fungicida demonstraram redução significativa do desenvolvimento da doença.	Silva <i>et al.</i> (2019)

(Continuação)

Cultura	Doença	Patógeno	Concentração do fosfito de potássio	Método de aplicação	Aplicação do fosfito de potássio	Resultado	Referência
Feijão	Antracnose	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	5,0 mL/L	Pulverização foliar	Estágio V4 (três folhas trifolioladas) e estágio R5 (botões de flores presentes).	Redução significativa da doença, quando comparada ao controle (sem aplicação).	Costa <i>et al.</i> (2017)
Feijão	Antracnose	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	5,0 mL/L	Pulverização foliar	Estágios V4 (terceiro trifoliata), R5 (pré-florescimento) e R7 (formação de vagens).	Redução significativa da doença quando o fosfito de potássio foi utilizado de forma isolada.	Gadaga <i>et al.</i> (2017)
Maçã	Mofo azul	<i>Penicillium expansum</i>	5,0 mL/L	Imersão dos frutos	As frutas foram imersas durante 3 min, 24h e 72h antes da inoculação do fungo.	Redução significativa da incidência e severidade do mofo azul, quando comparada ao controle (água destilada esterilizada).	Amarante <i>et al.</i> (2017)
Maçã	Mofo azul	<i>Penicillium expansum</i>	1,0; 2,5; 5,0 e 7,5 mmol/L	Diluição em ágar	Adicionado ao meio de cultura (BDA).	Inibição significativa da germinação de esporos, acúmulo de micélios e expansão colonial, quando comparada ao controle.	Lai <i>et al.</i> (2017)
			5 mmol/L	Inoculação do fungo cultivado em BDA contendo o fosfito	O fungo foi cultivado em BDA contendo os fosfitos e posteriormente foi inoculado na maçã após realizar lesão artificialmente.	Redução significativa da infecciosidade da doença em frutos inoculados com o patógeno.	
Mamão	Antracnose	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	1,25; 2,5 e 5 mL/L	Diluição em ágar	Adicionado ao meio de cultura (BDA).	Todas as doses reduziram efetivamente o crescimento micelial e produção de conídios <i>in vitro</i> .	Lopes <i>et al.</i> (2018)
Mamão	Antracnose	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	150 mL/ha	Imersão dos frutos	Após a desinfecção com álcool e hipoclorito os frutos foram imersos por 5 minutos na solução de fosfito de potássio.	Proteção de 82,25% da doença e eficiente redução dos sintomas de antracnose em frutos do mamão aos 12 dias de armazenamento.	Demartelaere <i>et al.</i> (2017)

(Continuação)

Cultura	Doença	Patógeno	Concentração do fosfito de potássio	Método de aplicação	Aplicação do fosfito de potássio	Resultado	Referência
Mamão	Podridão da extremidade do caule	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5 g/L	Imersão dos frutos	Os frutos foram imersos nas diferentes soluções de fosfito de potássio por 10 minutos e após secar a temperatura ambiente foram inoculados com o fungo.	Redução da gravidade da doença com o aumento da concentração utilizada.	Amaral <i>et al.</i> (2017)
Maracujá	Antracnose	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	0,75; 1,5 e 3,0 mL/L	Diluição em ágar	Adicionado ao meio de cultura (BDA).	Ocorreu redução significativa do crescimento micelial e a produção de esporos de <i>C. gloeosporioides</i> .	Dutra e Blum (2019)
			0,37; 0,75; 1,5 e 3,0 mL/L	Imersão dos frutos	Imersão nos produtos por 20 minutos.	Redução significativa do diâmetro da lesão em todas as concentrações de fosfito utilizadas.	
Maracujá	Antracnose	<i>Colletotrichum spp.</i>	1,5 mL/L	Imersão dos frutos	Os frutos foram imersos em água quente em diferentes tempos e temperaturas e posteriormente imersos no fosfito de potássio por 20 minutos.	Todos os tratamentos diminuíram o diâmetro da lesão da antracnose nos frutos, com maior eficiência utilizando água a 47°C por 4 minutos, seguido da imersão no fosfito de potássio por 20 minutos.	Dutra <i>et al.</i> (2018)
Noz pecã	Sarna da nos pecã	<i>Venturia effusa</i>	ProPhyt®: 2,3; 3,5; 5,3 e 7,0 L/ha, K-phite®: 2,3 e 7,0L/ha e C-Rampart®: 2,3; 4,7 e 7,0 L/ha	Pulverização direcionada a árvore	Foram realizadas 5 e 6 aplicações de cada tratamento em 2015 e 2016, respectivamente.	As maiores concentrações utilizadas acarretam maior redução da severidade da doença.	Bock <i>et al.</i> (2019)
Pinheiro	Doença do cancro	<i>Fusarium circinatum</i>	0, 1 e 4% (v/v)	Diluição em ágar	Adicionado ao meio de cultura (BDA).	Redução significativa do crescimento micelial fúngico quando comparada ao controle.	Cerqueira <i>et al.</i> (2017)
Soja	Ferrugem	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	100 mM	Pulverização foliar	Plantas de soja com quatro semanas de idade foram pulverizadas 24 h antes da inoculação do patógeno.	Redução de 80,2% dos sintomas da doença nas plantas com aplicação de fosfito quando comparado com o controle.	Gill <i>et al.</i> (2018)

(Conclusão)

Cultura	Doença	Patógeno	Concentração do fosfito de potássio	Método de aplicação	Aplicação do fosfito de potássio	Resultado	Referência
Soja	Mofo branco	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Produtos comerciais preparados na concentração recomendada pelo fabricante – Valor não descrito.	Diluição em ágar	Adicionado ao meio de cultura (BDA).	Os fosfitos testados não afetaram o crescimento micelial do fungo <i>S. sclerotiorum</i> em relação ao tratamento controle (sem adição).	Camochema <i>et al.</i> (2020)
				Pulverização foliar	As aplicações dos tratamentos foram realizadas nos estádios fenológicos da cultura da soja V4, V4+R1, R1 e R2.	De maneira geral, os fosfitos proporcionaram uma redução da incidência do mofo branco em soja quando aplicados em V4.	
Soja	Oídio	<i>Microsphaera diffusa</i>	2,0 L/ha	Pulverização foliar	Estágio V4, pelo período da manhã.	A severidade da doença e a incidência, não diminuíram devido a aplicação do fosfito quando comparado ao controle.	Furtado; Dorneles; Dallagnol, (2020)
Tangerina	Mancha marrom	<i>Alternaria alternata</i>	0,5% (p/v)	Diluição em ágar	Adicionado ao meio de cultura (BDA).	Redução de 77% do crescimento micelial em relação ao controle.	Garganese <i>et al.</i> (2019)
				Pulverização foliar	Tratamentos mensais: maio a dezembro - (Basilicata, sul da Itália).	A campo o fosfito de potássio não foi eficaz no controle da aparência das lesões nas folhas e frutos.	
Uva	Antracnose	<i>Elsinoe ampelina</i>	Isolado: 130g/100L, combinado com 1 fungicida: 65g/100 L e combinado com fungicida + Mananoligossacarideo Fosforilado: 43g/100L	Pulverização foliar	O início das pulverizações ocorreu 20 dias após a poda das videiras, com intervalo de 7 dias, totalizando 12 aplicações, num período de três meses.	Redução da incidência de antracnose em 89,2% para os tratamentos fosfito de potássio e fungicida (Metiram + Piraclostroquina); 86,5% para fosfito de potássio + fungicida (Metiram + Piraclostroquina) + Mananoligossacarideo Fosforilado; 60,8% para o fosfito de Potássio + Mananoligossacarideo Fosforilado.	Silva <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Autora.

Apesar do mecanismo de ação dos fosfitos ainda não ser totalmente elucidado, Guest e Bompeix (1990) sugeriram que os fosfitos possuem a maioria dos atributos desejáveis de um fungicida ideal, visto que são translocados sistemicamente no xilema e no floema, possuem atividade protetora e terapêutica e são persistentes na planta. Além disto, apresentam vantagens ao serem aplicados, pois são efêmeros no meio ambiente e não deixam resíduos tóxicos. Estudos relatam que os fosfitos apresentam um complexo modo de ação contra os fungos que pode ocorrer tanto por ação direta no patógeno fúngico através da inibição ou redução do seu crescimento e esporulação e/ou de maneira indireta por meio da estimulação da resposta de defesa da planta contra os fungos (DALIO *et al.*, 2014; JACKSON *et al.*, 2000; VINAS; MENDEZ; JIMENEZ, 2020).

A ação direta dos fosfitos nos fungos já foi demonstrada na literatura através de análises *in vitro*. Pesquisas observaram que a adição de fosfito de potássio ao meio de cultura reduziu o crescimento micelial, o número de estruturas geradoras de esporos como também a quantidade de esporos produzidos e germinados de diferentes fungos (CERQUEIRA *et al.*, 2017; LOPES *et al.*, 2018). A suscetibilidade de *Fusarium circinatum* ao fosfito de potássio foi demonstrada por Cerqueira *et al.* (2017), que realizaram o cultivo do isolado fúngico em meio BDA suplementado com fosfito de potássio nas concentrações de 0% (controle), 1% e 4% (v/v). Como resultado, verificaram que a aplicação de fosfito de potássio a 1% (v/v) apresentou crescimento micelial médio de 4,52 cm, enquanto a aplicação de 4% acarretou crescimento micelial médio de 1,05 cm, ambos significativamente menores que o controle (sem aplicação), o que demonstrou o efeito protetor para *F. circinatum*.

Dutra e Blum (2019) avaliaram o efeito do fosfito de potássio *in vitro* frente ao fungo *Colletotrichum gloeosporioide* utilizando as concentrações de 25, 50, 100 e 200% da recomendação do rótulo do produto (1,5 mL/L). E como resultados observaram que todos os tratamentos reduziram significativamente o crescimento micelial e a produção de conídios, o que indica uma ação direta do fosfito de potássio no patógeno. Estes resultados também estão de acordo com os demonstrados por Lopes e colaboradores (2018), evidenciando que a utilização do fosfito de potássio é capaz de inibir o crescimento micelial de *C. gloeosporioide* *in vitro*.

Outros pesquisadores avaliaram o uso do fosfito de potássio, *in vitro*, contra a mancha marrom de *Alternaria*, doença causada pelo fungo *Alternaria alternata*, que é altamente destrutivo em culturas de tangerinas, e observaram que o fosfito de potássio reduziu 77% o diâmetro das colônias fúngicas quando comparado ao controle (sem fosfito de potássio), atuando de forma direta no crescimento fúngico (GARGANESE *et al.*, 2019).

Lai e colaboradores (2017) avaliaram *in vitro* o efeito de diferentes concentrações do fosfito de potássio frente ao fungo *Penicillium expansum*, causador do mofo azul em maçãs, e relataram que a capacidade antifúngica melhorou conforme o aumento da concentração utilizada. Os autores verificaram que após 12 horas de incubação em BDA a taxa de germinação de esporos de *P. expansum* foi inferior a 15% no grupo tratado com 5 mmol / L de fosfito de potássio, assim como, esta mesma concentração acarretou crescimento mais lento das hifas. Os mesmos autores avaliaram *in vivo* o efeito do fosfito de potássio (5 mmol/L) frente ao controle da podridão do bolor azul em maçãs inoculadas com o fungo *P. expansum* e observaram que a incidência da doença e o diâmetro da lesão nos frutos de maçã foram significativamente menores com a aplicação de fosfito de potássio quando comparado ao grupo de controle.

Nesse mesmo sentido, Amaral e colaboradores (2017), avaliaram o efeito de diferentes concentrações de fosfito de potássio combinados com atmosfera modificada na podridão do caule pós-colheita em mamão cv. Sunrise Solo, proveniente do fungo *Lasiodiplodia theobromae*. Após a imersão dos frutos por 10 minutos nas soluções de diferentes concentrações de fosfito de potássio foram inoculados 10 µL da suspensão de esporos do fungo *L. theobromae* (1×10^6 conídio/mL). Os autores observaram que houve redução da gravidade da doença conforme ocorreu o aumento da concentração do fosfito de potássio, tanto em ambiente natural quanto na atmosfera modificada.

Gadaga e colaboradores (2017) avaliaram a campo, o efeito do fosfito de potássio de forma isolada ou combinada com o ácido salicílico, na proteção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) contra a antracnose. Os resultados indicaram que apesar de todas as formulações reduzirem a severidade da antracnose no feijoeiro, apenas as formulações que utilizaram o fosfito de potássio de forma isolada tiveram redução significativa da doença quando comparada ao controle. Neste estudo, também foi verificado um aumento da atividade enzimática da peroxidase e da polifenoloxidase nas plantas tratadas com o fosfito de potássio (GADAGA *et al.*, 2017). Estas enzimas são componentes importantes do sistema de defesa das plantas, uma vez que atuam na neutralização das espécies reativas de oxigênio e na proteção do estresse oxidativo (HOSSAIN; UDDIN, 2011).

Um incremento da atividade da enzima peroxidase, também foi observado por Costa *et al.* (2017) ao avaliarem o uso de fosfito de potássio no controle de antracnose em feijão. Além disso, os pesquisadores relataram aumento significativo das enzimas quitinase e β -1,3 glucanase, que hidrolisam polímeros das paredes das células fúngicas como a quitina e β -1,3-glucana, respectivamente (RESENDE *et al.*, 2007). Além disso, diversas funções são

atribuídas a estas enzimas com relação à defesa das plantas, especificamente seu envolvimento na suberização e lignificação da parede celular, sendo classificadas como proteínas relacionadas à patogênese (VAN LOON; VAN STRIEN, 1999).

Segundo Costa *et al.* (2017) os níveis de lignina das folhas do feijoeiro também aumentaram após a aplicação do fosfito de potássio. A lignificação de uma célula torna as paredes mais resistentes e exige do invasor a expressão de enzimas específicas que degradam lignina para continuar o avanço da colonização, sendo considerada uma resposta de indução a resistência de plantas (STANGARLIN *et al.*, 2011).

Ao avaliar a indução de resistência e controle da ferrugem asiática, doença fúngica causada pelo patógeno *Phakopsora pachyrhizi*, considerada uma ameaça a segurança alimentar mundial, Gill *et al.* (2018) verificaram em experimento *in vivo*, que plantas de soja pulverizadas com 100 mM de fosfito de potássio, 24 h antes da inoculação do patógeno, mostraram sintomas da doença significativamente reduzidos em comparação às plantas controle (sem aplicação de fosfito de potássio). Para a confirmação dos resultados, foi realizada a quantificação da carga fúngica por PCR quantitativo usando DNA genômico, que confirmou a porcentagem média de inibição de 80,2% da severidade da doença das plantas tratadas com o fosfito de potássio. Os autores sugerem que o uso do fosfito de potássio como indutor de resistência apresenta potencial para o manejo de doenças fúngicas, especialmente ferrugem, nas lavouras.

A utilização de fosfito como indutor de resistência é considerada promissora no manejo de doenças de plantas, devido à sua capacidade de controlar um amplo espectro de patógenos (SILVA *et al.*, 2019). Além disso, a mistura entre compostos com diferentes mecanismos de ação é utilizada para ampliar o espectro de ação, aumentar a duração da atividade antifúngica, controlar diferentes doenças em uma mesma cultura ou explorar ações sinérgicas entre os compostos, e com isto potencializar a sua atividade de modo a reduzir a quantidade aplicada sem perda de efetividade (GISI, 1996). Nesse sentido, estudos utilizando a combinação do fosfito de potássio com os fungicidas convencionais, na busca de reduzir o uso dos mesmos, têm sido realizados e demonstram resultados promissores em diferentes culturas (GILARD *et al.*, 2020; HONORATO-JÚNIOR *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2019).

Silva *et al.* (2019) avaliaram o uso do fosfito de potássio de forma isolada e em combinação com o uso de dois fungicidas convencionais (epoxiconazole + pyraclostrobin) no controle do fungo *Hemileia vastatrixna* na cultura do café. Como resultados verificaram que todos os tratamentos utilizando o fosfito de potássio de forma isolada ou combinado com os fungicidas, demonstraram redução significativa do desenvolvimento da doença. Com destaque

para os tratamentos em que o fosfito de potássio foi combinado com os fungicidas convencionais, sem diferir significativamente dos tratamentos que utilizaram os fungicidas convencionais de forma isolada. Esta combinação do fosfito de potássio e fungicidas convencionais acarretou a redução de 50% dos fungicidas utilizados.

Pesquisadores compararam o efeito da aplicação do fosfito de potássio de forma isolada ou intercalada com mananoligossacarídeo fosforilado e fungicidas convencionais (metiram e piraclostrobina) frente à severidade da antracnose na videira causada pelo fungo *Elsinoe ampelina*. Os autores verificaram que o fosfito de potássio aplicado de forma isolada ou intercalado com fungicidas convencionais, proporcionou menor incidência da doença quando comparado ao controle (sem aplicação de nenhum tratamento), com uma proteção de 87,6% e 88,3%, respectivamente, proteção semelhante à promovida pelos fungicidas convencionais aplicados de forma isolada (89,94%) (SILVA *et al.*, 2019).

Gilard e colaboradores (2018) avaliaram o uso do fosfito de potássio frente ao fungo *Fusarium oxysporum*, responsável pela murcha da alface e compararam a sua eficácia à um fungicida convencional (azoxistrobina). O estudo foi realizado *in vivo*, em duas condições distintas, em estufa com ambiente controlado e inoculação artificial do fungo e em fazenda comercial com o solo infestado naturalmente pelo fungo. Como resultados, observaram que a aplicação de fosfito de potássio causou redução da doença em todos os tratamentos, independente da cultivar de alface (Volare, Novelski e Gentilin), sendo os resultados estatisticamente semelhantes aos apresentados pelo fungicida azoxistrobina.

7 OUTROS EFEITOS DA AÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO NA AGRICULTURA

Além da ação comprovada do fosfito de potássio contra microrganismos patogênicos, estudos são realizados frente a influência da sua aplicação no rendimento e qualidade em diferentes culturas (AMARAL *et al.*, 2017; DEMARTELAERE *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2019). Assim, pesquisas relatam que o fosfito de potássio é um eficiente bioestimulador, uma vez que pode melhorar o rendimento e a qualidade das culturas, bem como estimular as respostas ao estresse ambiental (AMARAL *et al.*, 2017; GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015; XI *et al.*, 2020).

Demartelaere e colaboradores (2017) avaliaram o uso do fosfito de potássio como elicitador ao controle da antracnose do mamão por imersão dos frutos em solução, e observaram que o fosfito de potássio não alterou a qualidade e aparência dos frutos e preservou a qualidade pós-colheita. Amaral *et al.* (2017) evidenciaram que a imersão de frutos

de mamão em solução do fosfito de potássio associado à atmosfera modificada, não alterou os atributos físico-químicos e contribuiu para atingir melhor qualidade pós-colheita.

Silva *et al.* (2019) demonstraram que a aplicação foliar de fosfito de potássio na videira, além de causar uma redução da incidência da antracnose causada pelo fungo *Elsinoe ampelina*, influenciou positivamente no comprimento e peso dos cachos da uva (*Vitis labrusca* L. cv Isabel). Dados que corroboram com pesquisa realizada por Pinto *et al.* (2013), que também verificaram que videiras pulverizadas a cada 10 dias com o fosfito de potássio apresentaram um aumento de 24% no volume final dos cachos da uva Isabel, quando comparado com o controle.

Pesquisas demonstraram que os fosfitos também podem desencadear mecanismos de defesa contra estressores abióticos, como por exemplo, os estresses oxidativo e térmico. O estresse oxidativo é uma característica comum desencadeada pela radiação UV-B (HIDEG; JANSEN; STRID, 2013). Machinandiarena e colaboradores (2018) investigaram a expressão diferencial induzida por fosfito de potássio de alguns genes de fortalecimento da parede celular, como o cafeoil-CoA O-metiltransferase (CCoAOMT), envolvido na biossíntese de lignina, após tratamento com UV-B. Os autores verificaram que em plantas expostas apenas com UV-B durante três dias ocorreu um aumento de 200 vezes nas transcrições de CCoAOMT, no entanto, quando as plantas foram pré-tratadas com fosfito de potássio e expostas a UV-B, o aumento foi de 700 vezes. Estudo realizado em folhas de batata (*Solanum tuberosum* cv. Shepody) cultivadas em casa de vegetação pulverizadas com fosfito de potássio e expostas ao estresse UV-B, demonstrou que o fosfito de potássio aumenta o conteúdo de clorofila e a expressão do polipeptídeo D1 codificado por cloroplasto do gene do fotossistema II (gene *psbA*), que codifica uma proteína fotossintética chave (OYARBURO *et al.*, 2015).

Além da sua eficácia contra o estresse oxidativo, estudo realizado por Xi e colaboradores (2020), demonstrou que ao realizar aplicações foliares de fosfito de potássio em mudas de batata (*Solanum tuberosum* L.), o fosfito de potássio regulou com eficácia as respostas ao estresse térmico, além de melhorar características fenotípicas e a altura das plantas expostas à alta temperatura. Desta forma o fosfito de potássio além de amenizar os efeitos prejudiciais do estresse por calor pode funcionar como um bioestimulante alternativo para melhor desempenho em plantas.

8 CONCLUSÃO

A necessidade de produtos alternativos aos fungicidas convencionais na agricultura é crescente, devido aos riscos acarretados ao meio ambiente e à saúde humana. O uso dos fosfitos na agricultura é amplamente explorado frente a diferentes patógenos como Oomycetes, nematoides e bactérias. No entanto, estudos recentes, *in vitro* e *in vivo*, também demonstraram que a aplicação de fosfito de potássio frente ao combate de doenças fúngicas na agricultura é eficiente. Além disso, é importante ressaltar que, além de apresentar efeitos antifúngicos a aplicação de fosfito de potássio pode trazer efeitos fisiológicos adicionais para as plantas, como melhorar a produtividade, a qualidade de frutos e hortaliças, assim como acarretar respostas positivas aos estímulos ambientais e aos agentes de estresse.

Os estudos analisados demonstram que o fosfito de potássio é uma possível alternativa a ser utilizado de maneira eficaz frente às doenças fúngicas na agricultura tanto de forma isolada como combinada com os fungicidas convencionais. No entanto, devido à grande variedade de fungos patogênicos e culturas existentes, bem como as controvérsias em relação ao modo de ação e translocação dentro das plantas, faz-se necessário estudos prévios, para determinar a melhor concentração do fosfito de potássio a ser utilizada, bem como a melhor forma de aplicação em cada cultura. Além disso, legislações e regulamentos sobre o uso do fosfito de potássio devem ser considerados quanto à aplicação na agricultura.

Neste contexto, a intensificação dos estudos incentivadores ao uso de novos produtos como alternativa aos fungicidas convencionais, como o uso do fosfito de potássio, possivelmente expandiria práticas agrícolas sustentáveis, visto que é crescente a busca por produtos que vão de encontro a química verde na agricultura.

CAPÍTULO 3

**APLICAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO E BIGUANIDA POLIMÉRICA NO
CACHO DA UVA: efeito na composição da uva e vinho e avaliação da atividade
antifúngica contra o *Botrytis cinerea in vitro***

RESUMO

A busca pela redução do uso de fungicidas convencionais na viticultura é crescente, assim diversos estudos vêm buscando alternativas a estes compostos. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica diretamente no cacho da uva durante o período de maturação, quanto a produtividade do vinhedo, propriedades físicas da uva, composição química da uva e do vinho, assim como avaliar a influência destes produtos sobre o crescimento micelial do fungo *Botrytis cinerea in vitro*. A biguanida polimérica e o fosfito de potássio (2mL/L) foram aplicados, separadamente, no cacho das uvas durante o ciclo fenológico, e uma amostra foi mantida como controle (sem aplicação), sendo a diferença entre as amostras o número de aplicações durante o período de maturação da uva (1, 2 e 3 aplicações). Todas as amostras de uvas foram submetidas ao mesmo processo de microvinificação. Como resultados, observou-se que as uvas que receberam o maior número de aplicações de fosfito de potássio (três aplicações durante a maturação) apresentaram aumento na produtividade do vinhedo e nos parâmetros de textura da uva, maior teor de polifenóis e antocianinas monoméricas totais. Este mesmo comportamento foi observado para as uvas tratadas com uma aplicação de biguanida polimérica durante o período de maturação. Os tratamentos com o fosfito de potássio e biguanida polimérica na uva influenciaram significativamente a composição química dos vinhos, sendo que os parâmetros enológicos estão de acordo com a legislação brasileira. Ensaio *in vitro* demonstrou que a biguanida polimérica e o fosfito de potássio foram capazes de reduzir 100 e 52,3% do crescimento micelial do fungo *B. cinerea*, respectivamente na concentração de 4 mL/L. O uso do fosfito de potássio e da biguanida polimérica demonstraram potencial ação antifúngica *in vitro* e representam uma ferramenta viável frente às doenças fúngicas da videira.

Palavras-chave: *Botrytis cinerea*; polifenóis; potencial antifúngico.

1 INTRODUÇÃO

A incidência das doenças fúngicas é uma das principais causas de perdas econômicas do setor vitícola mundial, pois além de prejudicar o rendimento de produção da uva, afetam a qualidade do mosto usado na elaboração de diversos produtos derivados (BRIZ-CID *et al.*, 2015; DZEDZE *et al.*, 2019; EPI-AGRI, 2019). Dentre as diferentes doenças que afetam a videira, está a podridão cinzenta, causada pelo fungo *Botrytis cinerea*, que em muitos países é considerada a principal doença causadora de podridões de cachos (MOLITOR *et al.*, 2018). Este fungo apresenta grande capacidade reprodutiva, fácil disseminação e ampla adaptação térmica (JALIL *et al.*, 1997). A podridão cinzenta é uma doença que ocorre principalmente na fase de maturação e colheita da uva, no entanto, é responsável também por grandes perdas pós-colheita, pois pode desenvolver-se, ainda que lentamente, sob condições de baixa temperatura de armazenamento (ALVAREZ; VARGAS, 1983).

Em busca da redução e do controle das doenças fúngicas, é utilizado o uso intensivo de fungicidas sintéticos, os quais podem causar diversos problemas ao meio ambiente e a saúde humana (MASIÁ *et al.*, 2015; TAO *et al.*, 2020). Além disso, as plantas podem desenvolver rapidamente resistência ao controle químico convencional, o que pode determinar o incremento no número de pulverizações realizadas e conseqüentemente acarretar resíduos destes produtos nas uvas (CARVALHO, 2012; MARTINEZ *et al.*, 2003). Uma vez presente nas uvas, esses resíduos químicos podem passar para o mosto e interferir no processo de fermentação alcoólica, causando lentidão ou até mesmo interrupção deste processo (CORREIA *et al.*, 2016). Vinhos produzidos com uvas contaminadas com resíduos de fungicidas podem apresentar alterações na composição físico-química, perfil sensorial e composição química (BRIZ-CID *et al.*, 2018; NOGUEROL-PATO *et al.*, 2016; OLIVA *et al.*, 2009).

Atualmente, a exigência do consumidor por produtos menos agressivos a saúde e ao meio ambiente impulsionam a realização de pesquisas envolvendo o uso de diferentes substâncias como tratamentos alternativos frente ao controle de doenças fúngicas, como por exemplo, o uso da biguanida polimérica e do fosfito de potássio (FENG *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2012; ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016).

A utilização da biguanida polimérica na agricultura ainda é pouco explorada e até o momento não há estudos de sua aplicação na viticultura. No entanto, estudos demonstram que este composto é utilizado principalmente como desinfetante e sanitizante em diversos produtos como farmacêuticos e cosméticos, e já demonstrou resultados promissores da sua

utilização em ensaios *in vitro*, sobre *Candida albicans*, *Fusarium solani* e *Geotrichum candidum* (FENG *et al.*, 2011; FISCELLA *et al.*, 1997; FRANZIN, 2005; GAO; CRANSTON, 2010; KAEHN, 2010; REBONG *et al.*, 2011; SANTOS; FERNANDES, 2010).

Por outro lado, o fosfito de potássio é amplamente utilizado em diferentes culturas como nutriente e bioestimulador, uma vez que é capaz de melhorar o rendimento e qualidade das culturas, bem como estimular as respostas ao estresse ambiental (AMARAL *et al.*, 2017; GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015; XI *et al.*, 2020). Além disso, estudos demonstram sua efetiva ação sobre diferentes microrganismos como bactérias, oomicetes e nematoides (AĆIMOVIĆ *et al.*, 2015; CERIONI *et al.*, 2013; MILES *et al.*, 2018; MULUGETA *et al.*, 2019; OKA; TKACHI; MOR, 2007). A aplicação de fosfito de potássio na viticultura já foi realizada através da pulverização foliar, no entanto até o momento não há relatos da sua aplicação diretamente nos cachos. Além disso, ainda não é conhecido seu exato mecanismo de ação, alguns autores afirmam que o íon fosfito possui ação direta nos microrganismos, enquanto outros pesquisadores atribuem o modo de ação a indução de resistência na planta e formação de compostos de defesa, como os polifenóis (PEREIRA *et al.*, 2012; ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016; VINAS; MENDEZ; JIMENEZ, 2020).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica diretamente no cacho da uva durante o período de maturação quanto a produtividade do vinhedo, teor de polifenóis totais e atividade antioxidante das uvas e vinhos. Também foi avaliada a influência destes produtos sobre o crescimento micelial do fungo *Botrytis cinerea in vitro*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 APLICAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO E BIGUANIDA POLIMÉRICA: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado em um vinhedo comercial (28°17'38"S, 49°55'54"W, altitude 1.250 m), localizado em São Joaquim-SC, Brasil, safra 2018. O vinhedo da variedade Cabernet Sauvignon, foi implantado em 2004, onde a variedade copa foi enxertada sobre Paulsen 1103, com espaçamento de plantio 3,0 x 1,5 metros e sistema de condução em espaldeira. O experimento foi realizado utilizando o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e cinco plantas por parcela.

Os produtos utilizados neste estudo foram o fosfito de potássio (Permitte® - Quality, Minas Gerais, Brasil) e uma substância a base de biguanida polimérica (Benzoanida Agro®-Care Systems, São Paulo, Brasil). Estes produtos foram aplicados, separadamente, na dose de 2 mL/L, de acordo com o indicado pelo fabricante, diretamente no cacho da uva. Para isto, a aplicação dos produtos foi realizada com um pulverizador manual direcionada em todas as regiões dos cachos, até o ponto de escorrimento, a fim de que todas as bagas fossem atingidas.

Os dois produtos foram aplicados no estágio fenológico de final da floração e grão chumbinho, sendo que a diferença entre os tratamentos foi o número de aplicações durante o período de maturação da uva. As amostras tratadas com a biguanida polimérica foram designadas como: B1 (Uma aplicação durante a maturação), B2 (Duas aplicações durante a maturação) e B3 (Três aplicações durante a maturação), BC (Tratamento controle, plantas mantidas sem aplicação). As amostras tratadas com o fosfito de potássio foram denominadas como: F1 (Uma aplicação durante a maturação), F2 (Duas aplicações durante a maturação) e F3 (Três aplicações durante a maturação), FC (Tratamento controle, plantas mantidas sem aplicação).

2.1.1 Amostras

As uvas foram colhidas ao alcançar a maturação tecnológica (pH, acidez e sólidos solúveis totais). Foram amostrados 5 cachos inteiros por tratamento sendo as bagas mantidas com pedicelos e congeladas (-20°C) e transportadas para o laboratório de Bioquímica de Alimentos, no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, na Universidade Federal de Santa Catarina para posterior análise. Amostras de uvas de cada tratamento (BC, B1, B2, B3 e FC, F1, F2, F3) foram acondicionadas em caixas plásticas e transportadas para o laboratório de microvinificação do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Urupema, para a elaboração dos vinhos.

2.1.1.1 Microvinificação

As uvas foram selecionadas, desengaçadas e esmagadas utilizando uma desengaçadeira horizontal (JLS®-Brasil). Durante a obtenção do mosto foi adicionado metabissulfito de potássio (EVER BRASIL) (0,5 g/ L). Os mostos (líquido + casca) foram acondicionados em tanques e adicionados de leveduras selecionadas *Saccharomyces cerevisiae* (0,25 g/L, Zymaflore FX10 Vin Rouge®, Laffort – Bordeaux, França) para a

realização da fermentação alcoólica, sob condições controladas de temperatura ($20 \pm 1^\circ\text{C}$), e foi monitorada diariamente pela medida da densidade. Ao final do processo de fermentação os vinhos foram descubados (separados das cascas) utilizando uma prensa vertical (JLS®-Brasil), e o anidrido sulfuroso livre (SO_2) foi corrigido para 30 mg/L utilizando metabissulfito de potássio (EVER BRASIL). Em seguida os vinhos foram estabilizados a frio (0°C por 15 dias), clarificados utilizando bentonita (Fort Benton, EVER BRASIL IND. E COM. LTDA) (0,3 g/L) e engarrafados. Todos os tratamentos foram submetidos às mesmas condições de microvinificação.

Os vinhos provenientes de cada um dos tratamentos das uvas foram codificados como: VB1, VB2, VB3 para os vinhos provenientes de uvas tratados com a biguanida polimérica, VF1, VF2, VF3 para aqueles de uvas tratados com o fosfito de potássio e VBC e VFC para os seus respectivos controles.

2.2 PRODUTIVIDADE DO VINHEDO

Foram analisadas a campo as variáveis produtivas: produção por planta (kg/planta) obtida considerando a massa fresca dos cachos e o número de cachos por planta; produtividade estimada do vinhedo (ton/ha) determinada a partir da densidade de plantas por hectare e da produção por planta, número de ramos e índice de fertilidade.

2.3 ANÁLISES DAS UVAS

Todas as amostras de uvas foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos clássicos, análises físicas do cacho, perfil de textura das bagas e análises espectrofotométricas.

2.3.1 Parâmetros físico-químicos clássicos

Os parâmetros enológicos clássicos foram determinados de acordo com os métodos da Organização Internacional da Uva e do Vinho (OIV, 2019). Foram utilizadas 30 bagas de uva (para cada tratamento) que foram esmagadas manualmente para a obtenção do mosto. Foram realizadas análises de pH (pH meter 220 MP – METTLER TOLEDO), sólidos solúveis totais (°Brix) (refratômetro Quick – Brix™ 90 - METTLER TOLEDO), acidez total titulável (g/L de ácido tartárico) e índice de maturação (acidez total/sólidos solúveis). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.3.2 Análises físicas do cacho

Para cada tratamento, foram coletados de forma aleatória 15 cachos de uvas no momento da colheita para a realização das seguintes análises físicas do cacho: comprimento do cacho (cm), peso do cacho (g), peso de 100 bagas (g), diâmetro de baga (mm), número de bagas por cacho e determinação do índice de compactação dos cachos (número de bagas pelo comprimento do cacho).

2.3.3 Análise do perfil de textura

A análise do perfil de textura foi realizada conforme descrito por Letaief *et al.* (2008). O perfil de textura se baseia na análise de cada baga intacta, comprimida duas vezes na posição equatorial com uma deformação de 25%, mantendo dois segundos de distância, em movimento alternativo, imitando a ação da mandíbula. Para a realização da análise foi utilizado um texturômetro TA.HD plus (Stable Micro Systems Ltd) e foram avaliados os parâmetros de dureza (g), coesão (índice), elasticidade (%) e resiliência (índice).

2.3.4 Análises espectrofotométricas

As análises espectrofotométricas foram realizadas em espectrofotômetro UV-Vis (Hitachi U2010, CA, USA). Foi preparado um extrato metanólico utilizando 30 bagas de uvas em triplicata, previamente lavadas, sendo as cascas separadas da polpa e pesadas para a preparação do extrato. O extrato foi preparado pela maceração das cascas durante 24 horas sob abrigo da luz a $4,0 \pm 1^\circ\text{C}$ utilizando como solvente extrator metanol/HCl 1% (v/v) (LEES; FRANCIS, 1972). Posteriormente os extratos foram filtrados em papel filtro (Whatman nº 1) e armazenados em frascos âmbar. O filtrado obtido foi usado na avaliação do teor de polifenóis totais, antocianinas monoméricas totais, parâmetros de cor e atividade antioxidante *in vitro*.

2.3.4.1 Polifenóis totais

A concentração de polifenóis totais foi determinada de acordo com o método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, com leituras da absorbância em 760 nm. Para o cálculo de

polifenóis totais foi utilizado uma curva padrão de ácido gálico e os resultados expressos em mg de ácido gálico /100g de casca de uva (peso fresco) (SINGLETON; ROSSI, 1965).

2.3.4.2 Antocianinas monoméricas totais

As antocianinas monoméricas totais (AMT) foram quantificadas de acordo com o método de pH diferencial proposto por Giusti e Wrolstad (2001). Foram utilizadas duas soluções tampão, uma solução de cloreto de potássio (pH=1,0) e outra solução de acetato de sódio (pH 4,5). Os valores de absorvância foram medidos no comprimento de onda de máxima absorção e a 700 nm. A concentração foi expressa em mg de malvidina-3-glicosídeo/ 100g de casca de uva (peso fresco) e calculado de acordo com a Equação 1.

$$AT \text{ (mg/ 100g)} = (A \times PM \times DF \times 1000) (\varepsilon \times l) \quad (1)$$

Onde:

A (absorvância) = $(A_{\lambda} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 1,0} - (A_{\lambda} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH } 4,5}$

PM= peso molecular da malvidina-3-glicosídeo (529,0 g/mol)

DF= fator de diluição

ε = absorvidade molar malvidina-3-glicosídeo (28000 L/ (cm x mol))

2.3.4.3 Parâmetros de cor

Os parâmetros de cor foram realizados pela medida da absorvância (A) em 420, 520 e 620 nm, para determinar a intensidade da cor (IC): $A_{420} + A_{520} + A_{620}$; e a tonalidade da cor (TC): A_{420}/ A_{520} (GLORIES, 1984).

2.3.4.4 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante *in vitro* foi determinada pelo do método ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico) de acordo com Re *et al.* (1999). Esse método avalia o poder de sequestro de radicais livres através de reação com o radical ABTS. Medidas de absorvância em 754 nm foram realizadas antes e após 6 minutos de reação entre o radical e a amostra. Os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente a trolox (mM TEAC por 100g de casca de uva (peso fresco)).

2.4 ANÁLISES DOS VINHOS

As amostras de vinho foram caracterizadas quanto aos parâmetros enológicos clássicos conforme descritos no item 2.4.2 (OIV, 2019), e também teor alcoólico por ebuliometria (% vol.) (ZOECKLEIN *et al.*, 1995). As análises de polifenóis totais, antocianinas monoméricas totais, parâmetros de cor e atividade antioxidante foram realizadas conforme descrito no item 2.3.4, e os resultados expressos em mg/L.

2.5 ANÁLISE ANTIFÚNGICA

2.5.1 Obtenção do isolado de *Botrytis cinerea*

O fungo *Botrytis cinerea* utilizado no estudo foi isolado de bagas de uva com sintomas da doença podridão cinzenta, provenientes da estação Epagri de São Joaquim – SC, conforme metodologia descrita por Dhingra e Sinclair (1994). A conservação dos isolados em papel-filtro foi realizada segundo metodologia proposta por Alfenas e Mafia (2007).

O teste de patogenicidade foi realizado conforme Zahavi (2000), com modificações. Isolados que estavam na conservação foram depositados em uma placa de petri com meio de cultura ágar batata dextrose (BDA) e as placas foram acondicionadas por 24 h à 25°C ± 2°C e 12 h de fotoperíodo. Para as placas que apresentaram esporulação foi realizado o isolamento monospórico e na câmara de Neubauer foi estimada e ajustada a concentração de conídios a 1x10⁶ conídios/mL. Em seguida, bagas de uva previamente sanitizadas, foram feridas com uma agulha estéril e 10 µL da suspensão de conídios foi pipetado em cada local do ferimento. As uvas foram mantidas a umidade relativa superior a 90%, e foram avaliadas a cada 24 horas por 7 dias, quanto ao aparecimento dos sintomas e esporulação do fungo.

O patógeno foi reisolado com sucesso a partir de frutos inoculados, cumprindo os postulados de Koch. O isolado selecionado utilizado para as análises posteriores com a biguanida polimérica e com o fosfito de potássio teve 100% de infecção da doença em bagas de uva em até 7 dias após a inoculação do isolado do *B. cinerea*.

2.5.2 Efeito da biguanida polimérica e do fosfito de potássio sobre o crescimento micelial de *Botrytis cinerea in vitro*

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado constituído de 8 tratamentos, sendo 4 tratamentos utilizando a biguanida polimérica e 4 tratamentos utilizando o fosfito de potássio nas doses de 1, 2 e 4 mL/L e controle (sem aplicação). Cada tratamento teve dez repetições, totalizando 80 unidades experimentais. As doses foram adicionadas individualmente ao meio de cultura BDA, previamente esterilizado por 30 minutos em autoclave a 120°C. Colocou-se um disco de 5 mm de diâmetro do micélio da cultura pura do *Botrytis cinerea* no centro da placa de petri contendo os tratamentos. A seguir, as placas foram mantidas em estufa tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) à 25°C ± 2°C com 12 horas de fotoperíodo.

Foram realizadas avaliações a cada 24 horas até o fungo atingir totalmente a borda de uma das placas de petri. O crescimento micelial foi avaliado através da média das medições dos diâmetros transversal e longitudinal utilizando um paquímetro digital e posteriormente a porcentagem média de inibição do crescimento micelial (PIC) foi obtida pela Equação 2 (BALOUIRI; SADIKI; IBNSOUDA, 2016).

$$\text{PIC (\%)} = ((\text{DC}-\text{DT})/\text{DC}) \times 100 \quad (2)$$

Onde,

DC é média dos diâmetros transversal e longitudinal na placa controle

DT é média dos diâmetros transversal e longitudinal na placa contendo os diferentes produtos testados.

2.5.3 Efeito protetor da biguanida polimérica e do fosfito de potássio em uvas inoculadas com *Botrytis cinerea*

A análise do efeito protetor da biguanida polimérica e do fosfito de potássio sobre o crescimento de *B. cinerea* em bagas de uva foi realizado conforme metodologia proposta por Lai *et al.* (2017) e Dutra e Blum (2019), com modificações.

Bagas de uva orgânica adquiridas no mercado local no município de Florianópolis-SC foram sanitizadas com hipoclorito de sódio 2% (v/v) por um minuto em seguida foram realizadas duas lavagens em água destilada esterilizada. Posteriormente as bagas de uva foram submetidas separadamente aos tratamentos de biguanida polimérica e fosfito de potássio (1, 2 e 4 mL/ L). Água destilada estéril foi utilizada como controle. Os tratamentos foram realizados por imersão das bagas de uvas nos produtos por 20 min, após dispostas sobre papel

toalha para secagem, e em seguida foram mantidas em sala de crescimento (25 ± 2 °C), por 24h.

Após 24 horas, metade das bagas de cada tratamento foi ferida com um perfurador estéril (1 a 2 mm de profundidade). Uma alíquota de 10 μ L de suspensão de 1×10^6 conídios/mL do fungo *B. cinerea* foi pipetado sobre a ferida. Nas bagas que não foram feridas, a suspensão foi pipetada diretamente na casca. As uvas foram mantidas em sala de crescimento, contendo um umidificador para manter a umidade relativa superior a 95%, e foram avaliadas a cada 24 horas por 7 dias, quanto a esporulação do fungo *B. cinerea*.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos a análise estatística pelo programa STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA) e avaliados por meio de análise de variância (ANOVA), teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e análise de correlação de Person. Todos os resultados estão expressos como média \pm desvio padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES FÍSICAS E PRODUTIVIDADE DO VINHEDO

A produtividade e a qualidade do vinhedo, da uva e conseqüentemente dos seus produtos, como o vinho, é diretamente influenciada por diversos fatores incluindo a incidência das doenças fúngicas (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Em geral, infecções fúngicas diminuem o rendimento e a qualidade das uvas através da redução da vitalidade da planta ou pela infecção direta nas bagas (CHAVARRIA; SANTOS, 2013). Em vista disso, estudos em busca de produtos alternativos aos fungicidas convencionais são crescentes (PEDROTTI; RIBEIRO; SCHWAMBACH, 2019; PEREIRA *et al.*, 2012; XU *et al.*, 2022).

Os resultados das análises físicas do cacho e da produtividade do vinhedo com diferentes aplicações de biguanida polimérica e do fosfíto de potássio, durante o período de maturação da uva Cabernet Sauvignon, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análises físicas do cacho e de produtividade do vinhedo após a aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio durante o período de maturação da uva Cabernet Sauvignon.

Parâmetro	<i>Biguanida polimérica</i>			
	BC	B1	B2	B3
Comprimento do cacho (cm)	13,50 ^a ± 2,25	13,33 ^a ± 3,37	15,93 ^a ± 3,47	14,93 ^a ± 2,62
Peso do cacho (g)	66,72 ^a ± 6,30	73,07 ^{ab} ± 7,53	80,57 ^b ± 8,98	70,66 ^a ± 8,84
Peso de 100 bagas (g)	180,75 ^a ± 2,60	155,07 ^c ± 5,98	166,30 ^b ± 2,84	168,53 ^b ± 3,16
Diâmetro da baga (cm)	1,42 ^a ± 0,03	1,41 ^a ± 0,02	1,38 ^a ± 0,01	1,43 ^a ± 0,04
Número de bagas/cacho	47,80 ^a ± 9,28	49,20 ^a ± 7,22	55,73 ^a ± 9,73	48,27 ^a ± 8,25
Índice de compactação	3,59 ^a ± 0,51	3,88 ^a ± 0,99	3,59 ^a ± 0,63	3,28 ^a ± 0,55
Número de cachos	12,33 ^a ± 3,14	14,33 ^a ± 3,67	15,17 ^a ± 5,12	13,50 ^a ± 4,14
Número de ramos	21,33 ^a ± 2,42	17,50 ^a ± 1,05	21,67 ^a ± 4,68	22,00 ^a ± 4,20
Produtividade do vinhedo (t/ha)	2,14 ^a ± 0,17	2,49 ^b ± 0,22	1,92 ^a ± 0,19	1,94 ^a ± 0,09
Índice de fertilidade	0,59 ^a ± 0,19	0,81 ^a ± 0,43	0,68 ^a ± 0,20	0,61 ^a ± 0,16
Parâmetro	<i>Fosfito de potássio</i>			
	FC	F1	F2	F3
Comprimento do cacho (cm)	15,10 ^a ± 2,35	13,93 ^a ± 1,72	13,70 ^a ± 2,70	14,32 ^a ± 2,41
Peso do cacho (g)	57,82 ^a ± 8,30	39,76 ^c ± 7,85	46,11 ^b ± 8,47	47,92 ^b ± 7,56
Peso de 100 bagas (g)	146,86 ^a ± 1,05	119,75 ^c ± 1,64	115,38 ^b ± 1,75	122,39 ^c ± 0,63
Diâmetro da baga (cm)	1,32 ^a ± 0,04	1,26 ^{ab} ± 0,02	1,27 ^{ab} ± 0,03	1,25 ^b ± 0,02
Número de bagas/cacho	51,13 ^{ab} ± 8,59	47,73 ^a ± 6,71	50,67 ^{ab} ± 8,80	58,00 ^b ± 7,25
Índice de compactação	3,44 ^a ± 0,96	3,49 ^a ± 0,75	3,84 ^a ± 0,95	4,17 ^a ± 0,98
Número de cachos	12,50 ^a ± 3,08	13,33 ^a ± 1,97	13,33 ^a ± 2,73	15,50 ^a ± 1,52
Número de ramos	24,50 ^a ± 3,99	27,33 ^a ± 3,20	25,67 ^a ± 3,78	25,83 ^a ± 3,06
Produtividade do vinhedo (t/ha)	1,18 ^a ± 0,12	1,04 ^{ab} ± 0,08	1,27 ^{bc} ± 0,18	1,41 ^c ± 0,09
Índice de fertilidade	0,51 ^a ± 0,18	0,49 ^a ± 0,09	0,51 ^a ± 0,12	0,58 ^a ± 0,18

Resultados dos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. B - Biguanida polimérica; F - fosfito de potássio; BC/FC - Controle, sem aplicação durante o período de maturação; B1/F1 - Uma aplicação durante o período de maturação; B2/F2 - Duas aplicações durante o período de maturação; B3/F3 - Três aplicações durante o período de maturação.

Pode-se observar neste estudo que as uvas tratadas com a biguanida polimérica durante a maturação não apresentaram influência significativa ($p < 0,05$) nos parâmetros de comprimento do cacho, diâmetro da baga, número de bagas por cacho, índice de compactação, número de cachos e ramos e índice de fertilidade, independente do número de doses aplicadas assim como em comparação com a amostra controle. As uvas tratadas com o fosfito de potássio não apresentaram influência significativa nos parâmetros comprimento do

cacho, índice de compactação, número de cachos e ramos e índice de fertilidade quando comparado ao controle e entre os diferentes tratamentos (Tabela 1).

Neste estudo, observou-se uma baixa produtividade nas plantas avaliadas, quando comparados a estudos realizados por outros pesquisadores com a mesma variedade de uva, cultivada na região de São Joaquim, que observaram valores de produtividade entre 7,2 e 13,1 t/ha (BRIGHENTI *et al.*, 2011). No entanto, os tratamentos utilizados neste estudo influenciaram significativamente neste parâmetro, quando comparado ao controle (sem aplicação). Entre os tratamentos realizados com a biguanida polimérica, destaca-se o tratamento B1, que promoveu um aumento de 16,3% na produtividade do vinhedo, quando comparado ao controle. Assim com a aplicação de fosfito de potássio, destaca-se o tratamento F3, que recebeu três aplicações durante o período de maturação da uva e teve um aumento de 19,5% na produtividade do vinhedo, quando comparado ao controle.

Pesquisadores avaliaram culturas de batata (*Solanum tuberosum* L.) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.) e verificaram um aumento significativo da produtividade após a aplicação foliar do fosfito de potássio. Na videira cv. Isabel, Gomes *et al.* (2011) verificaram que a aplicação do fosfito de potássio (130g/100L) na planta inteira, resultou em produtividade semelhante ao tratamento com fungicidas convencionais (metyran + pyraclostobin).

3.2 INFLUÊNCIA DA BIGUANIDA POLIMÉRICA E DO FOSFITO DE POTÁSSIO NA COMPOSIÇÃO DA UVA

3.2.1 Análises físico-químicas

Monitorar as análises físico-químicas das uvas no período da maturação é essencial para obter vinhos de boa qualidade. Fatores genéticos, fisiológicos, ambientais e manejo do vinhedo, são determinantes na composição das uvas e mostos e influenciam diretamente na qualidade final dos vinhos (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006). A Tabela 2 apresenta os resultados das análises físico-químicas das uvas Cabernet Sauvignon tratadas com a biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação.

Tabela 2 - Valores de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e índice de maturação das uvas Cabernet Sauvignon tratadas com a biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação.

Parâmetro	<i>Biguanida polimérica</i>			
	BC	B1	B2	B3
Sólidos solúveis totais (°Brix)	20,53 ^{bc} ± 0,12	20,87 ^a ± 0,12	20,67 ^{ab} ± 0,12	20,40 ^c ± 0,00
Acidez total titulável (g/L ácido tartárico)	11,98 ^a ± 0,54	10,53 ^b ± 0,04	10,25 ^b ± 0,23	10,30 ^b ± 0,04
pH	3,07 ^b ± 0,01	3,11 ^a ± 0,01	3,11 ^a ± 0,01	3,12 ^a ± 0,01
Índice de maturação	17,17 ^b ± 0,74	19,83 ^a ± 0,03	20,17 ^a ± 0,34	19,81 ^a ± 0,08
Parâmetro	<i>Fosfito de potássio</i>			
	FC	F1	F2	F3
Sólidos solúveis totais (°Brix)	20,77 ^a ± 0,15	21,27 ^b ± 0,12	22,00 ^c ± 0,00	22,00 ^c ± 0,00
Acidez total titulável (g/L ácido tartárico)	11,30 ^a ± 0,38	11,58 ^a ± 0,35	11,35 ^a ± 0,11	10,58 ^b ± 0,08
pH	3,12 ^b ± 0,01	3,12 ^b ± 0,01	3,15 ^a ± 0,01	3,14 ^a ± 0,01
Índice de maturação	18,39 ^b ± 0,66	18,38 ^b ± 0,51	19,38 ^b ± 0,20	20,80 ^a ± 0,15

Resultados dos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras. B - Biguanida polimérica; F - fosfito de potássio; BC/FC - Controle, sem aplicação durante o período de maturação; B1/F1 - Uma aplicação durante o período de maturação; B2/F2 - Duas aplicações durante o período de maturação; B3/F3 - Três aplicações durante o período de maturação.

O pH possui uma grande importância nas características físico-químicas, biológicas e sensoriais dos vinhos, assim, no momento da colheita, o pH da uva deve estar na faixa de 3,1 a 3,6, para que o vinho atinja níveis satisfatórios em relação às características de cor e sabor, uma vez que a velocidade de fermentação é reduzida em pH menor ou igual a 3,0 (AMERINE; OUGH, 1976; RIBÉREAUGAYON *et al.*, 2006). Neste estudo, o pH das uvas, para todos os tratamentos, estão de acordo com a literatura para uvas viníferas (BREDUN *et al.*, 2021; BRIGHENTI *et al.*, 2013; GRIS *et al.*, 2010; LUO *et al.*, 2021).

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais, observou-se que todos os resultados obtidos, independente do tratamento, apresentam valores adequados para a produção de vinhos finos, e estão de acordo com pesquisas realizadas por Brighenti *et al.* (2013) e Luo *et al.* (2021) para a mesma variedade.

A acidez total titulável (ATT) de uvas é formada pela soma dos ácidos orgânicos livres totais presentes no meio como, por exemplo, os ácidos tartárico, málico e cítrico. O ácido tartárico é o ácido majoritário presente na uva, sendo que ao final da fase de crescimento vegetativo das uvas, as concentrações deste ácido podem atingir valores até 15 g/L (FLANZY, 2000; RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006). Neste estudo, todas as uvas tratadas com o fosfito de potássio e com a biguanida polimérica apresentaram valores indicados para a produção de vinhos finos e de acordo com os valores de ATT já relatados para variedades de

uvas *Vitis viniferas*, como Cabernet Franc, Merlot, Sangiovese, Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc cultivadas na região de São Joaquim, SC (BORGHEZAN *et al.*, 2011; GRIS *et al.*, 2010; RIZZON; MIELI, 2002).

De modo geral os produtos utilizados neste estudo não alteraram a maturação tecnológica da uva, o que demonstra que a utilização da biguanida polimérica e do fosfito de potássio durante a maturação da uva não influenciou negativamente nos parâmetros físico-químicos das uvas Cabernet Sauvignon. Manter a qualidade e características físico-químicas da uva é fundamental, pois estes parâmetros influenciam diretamente na qualidade final dos vinhos (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b).

3.2.2 Polifenóis totais, parâmetros de cor e capacidade antioxidante

A aplicação da biguanida polimérica e fosfito de potássio diretamente no cacho influenciou significativamente ($p < 0,05$) a composição fenólica das uvas Cabernet Sauvignon (Tabela 3).

Tabela 3- Polifenóis, parâmetros de cor e capacidade antioxidante da uva Cabernet Sauvignon após aplicação da biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação.

	<i>Biguanida polimérica</i>			
	BC	B1	B2	B3
PT	765,00 ^b ± 4,55	865,00 ^a ± 4,55	708,18 ^d ± 2,27	726,00 ^c ± 6,82
AMT	153,98 ^b ± 2,36	168,62 ^a ± 2,83	84,07 ^d ± 3,31	119,03 ^c ± 3,78
AA	2,30 ^b ± 0,07	2,91 ^a ± 0,11	2,18 ^b ± 0,11	2,15 ^b ± 0,11
IC*	2,67 ^b ± 0,03	2,81 ^a ± 0,00	1,75 ^d ± 0,04	2,02 ^c ± 0,06
TN*	0,48 ^c ± 0,00	0,50 ^b ± 0,00	0,54 ^a ± 0,00	0,50 ^b ± 0,00
	<i>Fosfito de potássio</i>			
	FC	F1	F2	F3
PT	683,18 ^c ± 9,09	810,45 ^b ± 4,55	576,00 ^d ± 6,82	849,09 ^a ± 6,82
AMT	325,67 ^c ± 3,54	321,18 ^c ± 0,94	349,99 ^b ± 2,83	387,07 ^a ± 2,60
AA	3,08 ^b ± 0,08	2,84 ^c ± 0,05	2,34 ^d ± 0,06	4,56 ^a ± 0,10
IC*	5,19 ^a ± 0,02	4,80 ^b ± 0,01	4,07 ^c ± 0,01	5,18 ^a ± 0,00
TN*	0,48 ^a ± 0,01	0,43 ^c ± 0,01	0,41 ^d ± 0,00	0,45 ^b ± 0,01

* expresso em índice de absorvância.

Resultados dos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre amostras de vinho. PT: Polifenóis totais (mg de ácido gálico/100g casca fresca); AMT: Antocianinas monoméricas totais (mg de malvidina 3-glicosídeo/100g casca fresca); AA: Atividade antioxidante (mMol Trolox/100g casca fresca); IC: índice de cor; TN: tonalidade de cor. B - Biguanida polimérica; F - fosfito de potássio; BC/FC - Controle, sem aplicação durante o período de maturação; B1/F1 - Uma aplicação durante o período de maturação; B2/F2 - Duas aplicações durante o período de maturação; B3/F3 - Três aplicações durante o período de maturação.

O teor de polifenóis totais nas uvas (Tabela 3), estimado pela capacidade de redução do Folin-Ciocalteu, apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) em todos os tratamentos realizados, tanto para a biguanida polimérica como para o fosfito de potássio. Nas uvas provenientes da aplicação de biguanida polimérica, observou-se que a amostra com uma aplicação durante o período de maturação (B1) apresentou o maior teor de polifenóis totais. Nas uvas com aplicação de fosfito de potássio, o maior teor de polifenóis foi observado na amostra que recebeu o maior número de aplicações durante a maturação (F3).

Os metabólitos secundários, como os polifenóis, são acumulados nos tecidos vegetais em resposta a infecção por patógenos, estresses abióticos e pela aplicação de produtos capazes de induzir resistência em plantas, o que acarreta acúmulo desses metabólitos de defesa (HUKKANEM *et al.*, 2007; IRITI *et al.*, 2011). Nas uvas, o aumento das concentrações de polifenóis totais pode ser benéfico, uma vez que estes compostos desempenham um importante papel antioxidante (RUFINO *et al.*, 2010).

De maneira geral, observou-se que os produtos utilizados neste estudo, biguanida polimérica e fosfito de potássio, influenciaram na capacidade antioxidante das uvas (Tabela 3) quando comparado ao controle, em ambos os experimentos. A maior atividade antioxidante foi observada para as uvas provenientes do tratamento com uma aplicação de biguanida polimérica durante o período de maturação (B1) como também para as uvas que receberam três aplicações do fosfito de potássio (F3) durante o período de maturação, resultando em um incremento de 26,5% e 48,0% na capacidade antioxidante das uvas, respectivamente, quando comparadas aos respectivos controles. Cabe destacar que as amostras B1 e F3 também apresentaram o maior teor de PT. Neste estudo, a capacidade antioxidante foi significativamente correlacionada com o teor de PT tanto para os tratamentos com a biguanida polimérica ($r = 0,94$; $p < 0,05$), como para os tratamentos com o fosfito de potássio ($r = 0,76$; $p < 0,05$). Correlações positivas e significativas entre os compostos fenólicos e capacidade antioxidante também foram relatadas em diferentes estudos realizados com uvas, vinhos e seus subprodutos (BARTOLOMÉ *et al.*, 2004; GRIS *et al.*, 2011; SAMOTICHA; WOJDYŁ; GOLIS, 2017).

Com relação ao teor de antocianinas monoméricas totais, pode-se observar que as uvas provenientes de uma aplicação de biguanida polimérica durante o período de maturação (B1) apresentaram aumento significativo na concentração de AMT quando comparada ao controle. As uvas tratadas com fosfito de potássio apresentaram aumento na concentração de AMT à medida que aumentou o número de aplicações ao longo do período de maturação, com destaque para as uvas que receberam três aplicações de fosfito de potássio (F3) que

apresentaram o maior teor de AMT. As amostras de uva B1 e F3 também apresentaram a maior intensidade de cor (IC), parâmetro que está relacionado com o teor de antocianinas monoméricas presentes na uva.

O aumento na concentração de antocianinas observado neste estudo está de acordo com outras pesquisas que ao avaliar a aplicação de nutrientes minerais, fertilizantes e produtos alternativos aos fungicidas convencionais, como óleos minerais e extratos de algas, aplicados na videira também observaram aumento no teor de antocianinas nas uvas (GUTIÉRREZ-GAMBOA *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2012; SALVI *et al.*, 2019). Vale ressaltar que as antocianinas são componentes importantes da composição das uvas tintas, uma vez que são os pigmentos responsáveis pela cor dos vinhos tintos (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006b). Além disso, estudos demonstram que as antocianinas apresentam importante atividade antioxidante, propriedades anti-inflamatórias e anticarcinogênicas (LEONG; BURRITT; OEY, 2016; RODRIGO; MIRANDA; VERGARA, 2011; TYAGI; AGARWAL; AGARWAL, 2003). Azevedo *et al.* (2010) estudaram as propriedades antioxidantes da cianidina, delphinidina e malvidina, e de seus glicosídeos, e observaram que as antocianinas apresentaram a capacidade de inibir a peroxidação lipídica em um sistema de membrana lipossômica, além de possuírem capacidades antirradicais e redutoras.

3.2.3 Perfil de textura

Nos vegetais uma das principais alterações que ocorrem durante o período de maturação é a alteração da textura, um importante atributo de qualidade e está diretamente relacionada à aceitação sensorial do consumidor (JELTEMA; BECKLEY; VAHALIK, 2014). As propriedades texturais dos frutos dependem de diferentes características como composição da parede celular, estrutura celular e turgescência da polpa, sendo que estas características são influenciadas por fatores bióticos e abióticos (GIESE, 2003).

A análise do perfil de textura é fundamentada principalmente nos parâmetros de dureza, coesividade, elasticidade e resiliência. Esta análise imita a mastigação do alimento, com aplicações sucessivas da força, simulando a ação de compressão e descompressão (LI; CARPENTER; CHENEY, 1998). Conhecer as alterações do perfil de textura em uvas é importante, pois além destes parâmetros serem relacionados à aceitação sensorial do consumidor, pode influenciar nos processos tecnológicos aplicados e nas características sensoriais dos vinhos. Alterações da parede celular podem determinar se compostos como antocianinas e taninos serão liberados para o vinho durante o processo de vinificação ou se

permanecem ligados ao material macerado da parede celular em suspensão (GARRIDO-BAÑUELOS *et al.*, 2019; ROLLE *et al.*, 2012).

Os resultados da análise de textura das uvas estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades texturais da uva Cabernet Sauvignon após a aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio durante o período de maturação.

Parâmetro	<i>Biguanida polimérica</i>			
	BC	B1	B2	B3
Dureza (g)	111,66 ^b ± 9,64	163,84 ^a ± 5,38	59,71 ^c ± 6,05	45,23 ^d ± 3,42
Coesão	0,41 ^c ± 0,02	0,53 ^a ± 0,06	0,50 ^{ab} ± 0,05	0,43 ^{bc} ± 0,11
Elasticidade (%)	46,86 ^a ± 1,92	45,13 ^a ± 4,52	42,39 ^a ± 1,97	46,98 ^a ± 0,81
Resiliência	10,18 ^b ± 0,60	10,70 ^{ab} ± 0,30	11,39 ^a ± 0,34	11,42 ^a ± 0,41
Parâmetro	<i>Fosfito de potássio</i>			
	FC	F1	F2	F3
Dureza (g)	56,67 ^c ± 2,94	57,43 ^c ± 4,05	93,52 ^b ± 9,08	125,46 ^a ± 7,84
Coesão	0,31 ^b ± 0,02	0,33 ^{ab} ± 0,03	0,29 ^b ± 0,02	0,40 ^a ± 0,05
Elasticidade (%)	40,62 ^b ± 3,13	57,35 ^a ± 4,33	49,29 ^a ± 2,66	52,68 ^a ± 6,15
Resiliência	9,76 ^b ± 1,18	6,54 ^c ± 0,70	9,67 ^b ± 0,97	22,84 ^a ± 1,83

Resultados dos valores médios ± desvio padrão (n=10). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05) entre as amostras. B - Biguanida polimérica; F - fosfito de potássio; BC/FC - Controle, sem aplicação durante o período de maturação; B1/F1 - Uma aplicação durante o período de maturação; B2/F2 - Duas aplicações durante o período de maturação; B3/F3 - Três aplicações durante o período de maturação.

Com relação ao parâmetro dureza, as uvas provenientes do tratamento com o fosfito de potássio apresentaram um aumento na dureza quando comparado ao controle, com destaque para o tratamento F3, que apresentou o maior valor para este parâmetro. Entre as uvas provenientes dos tratamentos com a biguanida polimérica, destaca-se o tratamento B1, que apresentou um aumento significativo neste parâmetro. A dureza da casca, juntamente com a espessura, são fatores que contribuem para a resposta das bagas a adversidades climáticas e ataque de patógenos e ainda limitam os danos durante a colheita, transporte e armazenamento (KÖK; ÇELIK, 2004; ROLLE *et al.*, 2012).

Estudos demonstram que alguns produtos alternativos aos fungicidas convencionais, como o fosfito de potássio, induzem a resistência nas plantas e consequente síntese de parede celular, que é o componente estrutural determinante nas propriedades texturais dos vegetais, como a dureza. E como benefício, esta síntese da parede celular pode resultar numa redução de esporulação e crescimento micelial de fitopatógenos, e consequente diminuição das doenças fúngicas (RAMEZANI *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2019). Lobato e colaboradores (2018) verificaram que a aplicação precoce do fosfito de potássio em batatas (*Solanum tuberosum* L.) acarretou o aumento da área suberizada da periderme da parede celular das células, que atua

como uma barreira contra patógenos assim como reduz a velocidade de desidratação, o que auxilia no aumento da vida útil do vegetal durante o armazenamento pós-colheita.

A parede celular dos vegetais, além de estar relacionada com a proteção a adversidades climáticas, mecânicas e a ação de patógenos, é o local onde armazena grande parte dos compostos fenólicos (GARRIDO; BORGES, 2013; ORTEGA-REGULES *et al.*, 2008). Neste estudo, foi possível observar correlação positiva e significativa entre os parâmetros dureza e teor de antocianinas monoméricas totais, tanto nas uvas tratadas com a biguanida polimérica ($r = 0,84$; $p < 0,05$), como nas uvas tratadas com fosfito de potássio ($r = 0,96$; $p < 0,05$). É importante destacar que as propriedades físicas da casca, principalmente a dureza, estão relacionadas à capacidade de extração de antocianinas e a liberação de polifenóis durante o processo de vinificação, o que influencia a composição fenólica do vinho (LETAIEF *et al.*, 2008; ORTEGA-REGULES *et al.*, 2008).

Com relação à coesividade, que é a extensão em que um material pode ser deformado antes de quebrar (CIVILLE; SZCZESNIAK, 1973), os tratamentos B1 e F3 apresentaram os maiores valores, ressalta-se que estas amostras também apresentaram o maior valor para o parâmetro de dureza. Além destes tratamentos, o tratamento B2 também apresentou aumento significativo de coesividades quando comparado ao controle.

Neste estudo pode-se observar que as uvas com aplicação de biguanida polimérica não apresentaram diferença significativa na elasticidade, entre os tratamentos e amostra controle. A aplicação na uva de fosfito de potássio acarretou aumento significativo da elasticidade em todas as amostras avaliadas quando comparadas ao controle, no entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos. A resiliência aumentou significativamente devido a aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio na videira. Com destaque para o tratamento F3, que recebeu três aplicações do fosfito de potássio, durante o período de maturação. A resiliência da baga é um parâmetro adimensional que representa o quão a baga é bem-sucedida em recuperar a sua posição original após a primeira compressão (LETAIEF *et al.*, 2008).

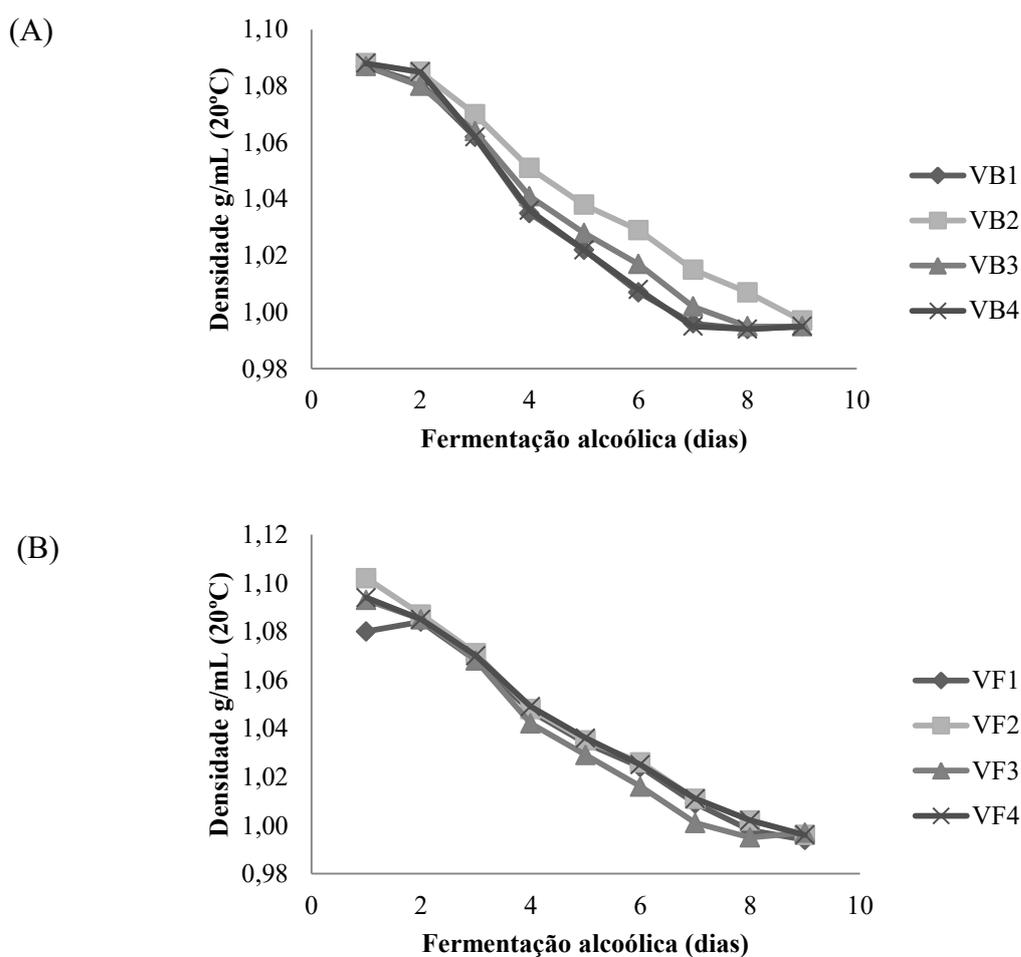
Os resultados apresentados neste estudo sugerem que as propriedades texturais das uvas podem ser influenciadas pela aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio durante o período de maturação da uva. De modo geral, estes produtos influenciaram principalmente no parâmetro de dureza e coesão, o que pode influenciar positivamente na resistência dos frutos ao ataque de patógenos e à danos físicos.

3.3 INFLUÊNCIA DA BIGUANIDA POLIMÉRICA E DO FOSFITO DE POTÁSSIO NA COMPOSIÇÃO DO VINHO

3.3.1 Processo fermentativo e parâmetros enológicos clássicos

O processo de fermentação alcoólica é a etapa em que ocorrem as principais transformações bioquímicas na elaboração dos vinhos, como a degradação de açúcares e formação do etanol e gás carbônico (RIBÉREAU-GAYON *et al.*, 2006a). Assim, monitorar as curvas de fermentação fornece dados importantes para acompanhar o desenvolvimento do processo de vinificação (Figura 1).

Figura 1 - Curvas de fermentação alcoólica dos vinhos elaborados com uvas tratadas com a biguanida polimérica (A) e com o fosfito de potássio (B).



VB – Vinhos provenientes das uvas tratadas com a Biguanida polimérica; VF – Vinhos provenientes das uvas tratadas com o fosfito de potássio; BC/FC - Controle, sem aplicação durante o período de maturação; B1/F1 - Uma aplicação durante o período de maturação; B2/F2 - Duas aplicações durante o período de maturação; B3/F3 - Três aplicações durante o período de maturação.

Fonte: Autora.

Neste estudo todos os vinhos elaborados completaram o processo de fermentação alcoólica ao mesmo tempo (8 dias), sendo que a densidade final obtida variou entre 0,995 g/mL e 0,997 g/mL para as amostras tratadas com a biguanida polimérica e entre 0,994 g/mL e 0,997 g/mL para as amostras tratadas com o fosfito de potássio. Os valores de densidade estão de acordo com valores relatados na literatura para vinhos elaborados com a uva Cabernet Sauvignon (MIELE, 2021; ZOCHE *et al.*, 2017). Com base nestes resultados, é possível afirmar que o uso do fosfito de potássio e da biguanida polimérica durante a maturação da uva, não interferiram no metabolismo da levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada para o processo fermentativo dos vinhos.

Os parâmetros enológicos clássicos dos vinhos Cabernet Sauvignon elaborados com uvas tratadas com a biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros enológicos clássicos dos vinhos elaborados com uvas Cabernet Sauvignon após a aplicação da biguanida polimérica e fosfito de potássio durante o período de maturação da uva.

Parâmetro	<i>Biguanida polimérica</i>			
	VBC	VB1	VB2	VB3
Teor alcoólico	12,03 ^a ± 0,06	11,83 ^c ± 0,06	12,17 ^b ± 0,06	12,10 ^{ab} ± 0,00
Acidez total titulável (g/L ácido tartárico)	7,80 ^a ± 0,15	7,65 ^a ± 0,15	7,75 ^a ± 0,09	7,60 ^a ± 0,23
pH	3,24 ^b ± 0,01	3,36 ^c ± 0,01	3,30 ^a ± 0,01	3,31 ^a ± 0,01
	<i>Fosfito de potássio</i>			
	VFC	VF1	VF2	VF3
Teor alcoólico	11,70 ^b ± 0,10	12,03 ^a ± 0,06	12,17 ^a ± 0,06	12,17 ^a ± 0,06
Acidez total titulável (g/L ácido tartárico)	7,58 ^a ± 0,08	7,50 ^a ± 0,15	7,75 ^a ± 0,09	7,75 ^a ± 0,09
pH	3,37 ^a ± 0,01	3,37 ^a ± 0,01	3,37 ^a ± 0,01	3,38 ^a ± 0,01

Resultados dos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05) entre as amostras. VB – Vinhos provenientes das uvas tratadas com a Biguanida polimérica; VF – Vinhos provenientes das uvas tratadas com o fosfito de potássio; BC/FC - Controle, sem aplicação durante o período de maturação; B1/F1 - Uma aplicação durante o período de maturação; B2/F2 - Duas aplicações durante o período de maturação; B3/F3 - Três aplicações durante o período de maturação.

Os valores de pH e acidez dos vinhos, que são importantes parâmetros de qualidade pois influenciam diretamente nas propriedades sensoriais (sabor, cor e aroma) e na estabilidade microbiológica, estão de acordo com valores reportados na literatura para vinhos finos (GIACOSA *et al.*, 2019; JACKSON, 2008; PORTU *et al.*, 2016). Todos os vinhos apresentaram teor alcoólico dentro do limite permitido pela legislação brasileira (BRASIL,

2018). Além disto, os resultados obtidos para os vinhos elaborados com as uvas provenientes dos tratamentos com a biguanida polimérica e com o fosfito de potássio estão de acordo com o preconizado pelas normas do MERCOSUL (2002) e Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2019) para vinhos tintos. Estes resultados indicam que o uso destes produtos com potencial ação antifúngica não influenciaram negativamente a qualidade do vinho.

3.3.2 Polifenóis totais, parâmetros de cor e atividade antioxidante

Os resultados da composição fenólica, parâmetros de cor e atividade antioxidante das amostras de vinhos provenientes das uvas tratadas com a biguanida polimérica e fosfito de potássio estão apresentados na Tabela 6. Os métodos espectrofotométricos para avaliação do conteúdo fenólico, atividade antioxidante e da cor do vinho são amplamente usados para análises de rotina pelos produtores de vinho e são importantes para os pesquisadores, devido à sua facilidade de uso como técnica analítica de rotina, rápida e econômica (ALEIXANDRE-TUDO *et al.*, 2017).

Tabela 6 - Polifenóis, parâmetros de cor e capacidade antioxidante dos vinhos Cabernet Sauvignon elaborados com uvas com aplicação da biguanida polimérica e do fosfito de potássio.

<i>Biguanida polimérica</i>				
	VBC	VB1	VB2	VB3
PT	264,00 ^c ± 0,91	293,00 ^b ± 7,27	326,18 ^a ± 6,82	326,18 ^a ± 2,27
AMT	27,63 ^d ± 1,30	35,96 ^c ± 2,96	59,36 ^a ± 2,52	52,90 ^b ± 1,75
AA	1,08 ^c ± 0,01	1,33 ^a ± 0,01	1,26 ^b ± 0,01	1,31 ^a ± 0,00
IC*	0,88 ^c ± 0,05	1,04 ^b ± 0,01	1,21 ^a ± 0,03	1,19 ^a ± 0,01
TN*	0,63 ± 0,00	0,63 ± 0,00	0,60 ± 0,01	0,63 ± 0,00
<i>Fosfito de potássio</i>				
	VFC	VF1	VF2	VF3
PT	352,55 ^d ± 2,27	432,09 ^b ± 0,91	453,45 ^a ± 8,64	373,91 ^c ± 4,55
AMT	100,86 ^a ± 1,45	93,66 ^a ± 2,40	105,25 ^a ± 8,90	102,20 ^a ± 1,65
AA	1,26 ^b ± 0,01	1,30 ^a ± 0,00	1,25 ^b ± 0,00	1,31 ^a ± 0,00
IC*	0,76 ^b ± 0,02	0,78 ^b ± 0,02	0,90 ^a ± 0,01	0,87 ^a ± 0,02
TN*	0,69 ^a ± 0,00	0,71 ^a ± 0,01	0,68 ^a ± 0,03	0,67 ^a ± 0,02

* expresso em índice de absorvância.

Resultados dos valores médios ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes em mesma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre amostras de vinho. PT: Polifenóis totais (mg/L de ácido gálico); AMT: Antocianinas monoméricas totais (mg/L de malvidina 3-glicosídeo); AA: Atividade antioxidante (mMol Trolox/L); IC: índice de cor; TN: tonalidade de cor. VB - Biguanida polimérica; VF - fosfito de potássio; BC/FC - Controle, sem aplicação durante o período de maturação; B1/F1 - Uma aplicação durante o período de maturação; B2/F2 - Duas aplicações durante o período de maturação; B3/F3 - Três aplicações durante o período de maturação.

Com relação ao teor de polifenóis totais nos vinhos, pode-se observar que as aplicações na uva da biguanida polimérica e do fosfito de potássio influenciaram significativamente ($p < 0,05$). Os vinhos provenientes das uvas adicionadas de biguanida polimérica apresentaram maior teor de PT quando comparado com o vinho controle, sendo que duas (VB2) e três (VB3) aplicações durante a maturação da uva acarretou maiores teores de PT, não diferindo significativamente entre si. Todas as amostras de vinhos elaborados com uvas tratadas com fosfito de potássio também apresentaram maior concentração de PT quando comparadas ao controle, no entanto, o maior teor foi observado para a amostra de vinho VF2, com uvas que receberam duas aplicações de fosfito de potássio durante a maturação.

O incremento no teor de polifenóis, nas amostras de vinho provenientes das uvas tratadas com a biguanida e com o fosfito é benéfico, uma vez que estes compostos estão relacionados a benefícios à saúde como efeito anticarcinogênico, antioxidante e proteção cardiovascular (HARBEOUI *et al.*, 2019; RODRIGO; MIRANDA; VERGARA, 2011; TYAGI; AGARWAL; AGARWAL, 2003).

Com relação ao teor de antocianinas monoméricas totais (AMT) não foi observado aumento significativo nas concentrações nos vinhos elaborados com uvas tratadas com fosfito de potássio, e não houve diferença significativa no teor de AMT com o aumento do número de doses aplicadas durante a maturação. Com relação ao experimento com biguanida polimérica, observou-se que todos os tratamentos apresentaram um aumento no teor de AMT quando comparados com o controle, sendo que a maior concentração foi observada na amostra de vinho VB2, com uvas que receberam duas aplicações de biguanida polimérica durante a maturação. As antocianinas são responsáveis por conferir coloração aos vinhos tintos, sendo o primeiro atributo a ser percebido pelo consumidor e, geralmente, está diretamente associado à qualidade do vinho (ROLLE; GUIDONE, 2007).

Neste estudo, o uso da biguanida polimérica e do fosfito de potássio, de modo geral, acarretou em aumento da atividade antioxidante dos vinhos quando comparado ao controle. Cabe destacar que os resultados observados neste estudo são contrários aos estudos que utilizaram fungicidas convencionais como, por exemplo, famoxadona, fluquinconazol e quinoxifeno que apresentaram redução no teor de compostos fenólicos e alteração nas propriedades sensoriais de vinhos (BRIZ-CID *et al.*, 2018; MULERO *et al.*, 2015; OLIVA *et al.*, 2015). Mulero *et al.* (2015) avaliaram o efeito do uso de seis fungicidas convencionais (fenhexamida quinoxifeno, trifloxistrobina, cresoxim-metil, fluquinconazol e famoxadona) aplicados a videira, em relação a concentração dos compostos fenólicos e atividade antioxidante de vinhos tintos da variedade Monastrell. Os autores observaram uma redução

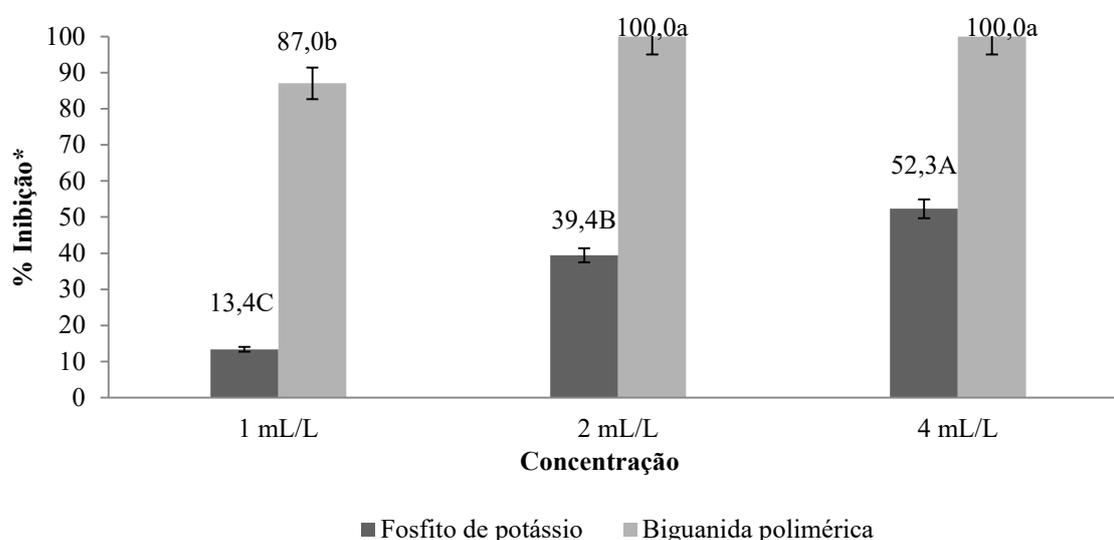
significativa no teor de ácidos hidroxicinâmicos e flavonóis dos vinhos, assim como uma diminuição significativa da capacidade antioxidante.

3.4 AVALIAÇÃO DO EFEITO ANTIFÚNGICO

3.4.1 Efeito do fosfito de potássio e da biguanida polimérica sobre o crescimento micelial do *Botrytis cinerea* *in vitro*

Neste estudo pode-se observar que a inibição do crescimento micelial do *Botrytis cinerea* foi dependente da concentração utilizada, tanto para a biguanida polimérica como para o fosfito de potássio. Além disto, todas as concentrações avaliadas causaram inibição significativa ($p < 0,05$) do crescimento micelial do fungo (Figura 2).

Figura 2 - Inibição do crescimento micelial de *Botrytis cinerea* usando diferentes concentrações de biguanida polimérica e fosfito de potássio.



Letras maiúsculas diferentes demonstram diferença significativa ($p < 0,05$) na porcentagem de inibição utilizando diferentes doses de fosfito de potássio e letras minúsculas demonstram diferença significativa ($p < 0,05$) na porcentagem de inibição utilizando diferentes doses de biguanida polimérica.

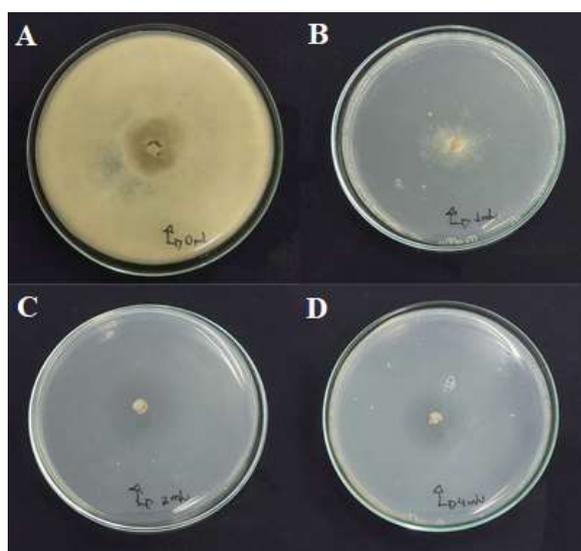
*Os resultados foram determinados em relação aos resultados obtidos no tratamento controle, sem adição dos produtos comerciais ao meio de cultura.

Fonte: Autora.

Pode-se observar na Figura 3 que todas as concentrações de biguanida polimérica avaliadas apresentaram inibição do crescimento micelial superior a 85%, com destaque para os tratamentos utilizando 2 e 4 mL/L que inibiram completamente o crescimento micelial do

fungo. Feng *et al.* (2011) avaliaram a ação da biguanida polimérica sobre o crescimento micelial do fungo *Geotrichum candidum* var. citri-aurantii causador da podridão azeda em citrus e verificaram uma redução significativa do crescimento micelial, no entanto a concentração utilizada pelos autores (1g/L) não inibiu 100% o crescimento micelial do fungo.

Figura 3 – Efeito da adição em meio de cultura Ágar batata dextrose de diferentes concentrações da biguanida polimérica sobre o crescimento micelial do fungo *Botrytis cinerea*.



A – Placa controle, meio de cultura sem adição de biguanida polimérica; B – Placa com adição de 1 mL/L de biguanida polimérica; C – Placa com adição de 2 mL/L de biguanida polimérica; D – Placa com adição de 4 mL/L de biguanida polimérica.

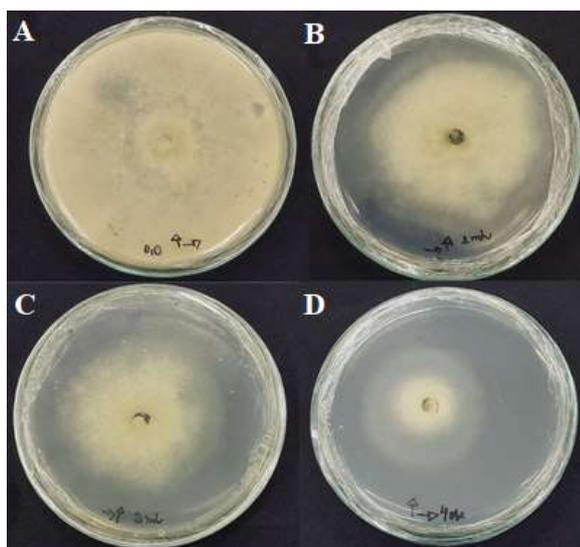
Fonte: Acervo pessoal da autora.

Cabe ressaltar que ainda são escassos os estudos na literatura utilizando a biguanida polimérica em produtos hortícolas, contudo os resultados observados neste estudo mostram-se promissores para a sua utilização. O exato modo de ação da biguanida polimérica sobre os fungos ainda não é descrito, no entanto o seu amplo espectro de ação justifica o seu vasto uso como ingrediente ativo em produtos farmacêuticos, cosméticos, e em formulações de desinfetantes e sanitizantes (FENG *et al.*, 2011; GAO; CRANSTON, 2010; ROSIN *et al.*, 2001; SANTOS; FERNANDES, 2010).

Com relação ao uso do fosfito de potássio, foi possível observar que nenhuma das concentrações avaliadas induziu inibição total do crescimento micelial de *B. cinerea* (Figura 4), no entanto, a concentração de 4 mL/L apresentou uma inibição superior a 50% (Figura 4D). A inibição do patógeno devido a adição do fosfito de potássio ao meio de cultura, possivelmente, foi devido à ação direta do produto sobre o fungo, pela atuação no processo da fosforilação oxidativa (MCGRATH, 2004). Como a fosforilação oxidativa ocorre nas

mitocôndrias em condições de aerobiose, a adição do fosfito de potássio no meio de cultura, pode ter impedido a respiração aeróbica do fungo, afetando assim a produção de ATP (adenosina-trifosfato), a qual é responsável pelo seu desenvolvimento (SANTOS *et al.*, 2018).

Figura 4 – Efeito da adição em meio de cultura Ágar batata dextrose de diferentes concentrações do fosfito de potássio sobre o crescimento micelial do fungo *Botrytis cinerea*.



A – Placa controle, meio de cultura sem adição do fosfito de potássio; B – Placa com adição de 1 mL/L de fosfito de potássio; C – Placa com adição de 2 mL/L de fosfito de potássio; D – Placa com adição de 4 mL/L de fosfito de potássio.

Fonte: Acervo pessoal da autora.

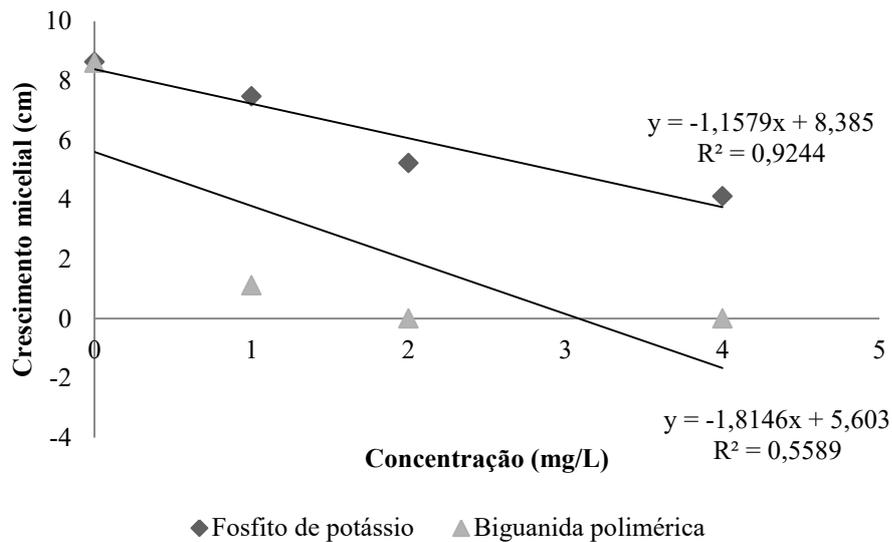
Com base nos resultados, o fosfito de potássio apresentou efeito fungistático e não fungicida, ou seja, capaz de conter o crescimento micelial do fungo e não impedir o crescimento. O efeito de inibição parcial do crescimento micelial, observado neste estudo para o fosfito de potássio, também foi relatado por outros autores e os resultados variam em função da espécie fúngica estudada (GUO *et al.*, 2021; ROCHA-SOBRINHO *et al.*, 2016).

Garganese *et al.* (2019) avaliaram o uso do fosfito de potássio, *in vitro*, contra a mancha marrom de *Alternaria*, doença causada pelo fungo *Alternaria alternata*, que é altamente destrutivo em culturas de tangerinas, e observaram que o fosfito de potássio reduziu 77% o crescimento micelial quando comparado ao controle (sem fosfito de potássio). Já sobre o fungo *Phoma costarricensis*, Nojosa (2003), verificou uma inibição de 62% do crescimento micelial, ao utilizar o fosfito de potássio na dose de 10 mL/L.

Os resultados observados na Figura 5 demonstram o efeito significativo e inversamente proporcional das diferentes concentrações de fosfito de potássio utilizadas sobre o crescimento micelial do fungo *B. cinerea* em cultivo *in vitro*, havendo diminuição progressiva do crescimento micelial de acordo com o aumento da concentração. A relação,

entre a concentração do fosfito de potássio e a capacidade de inibição do crescimento micelial já foi relatada anteriormente (DALIO *et al.*, 2012; GARGANESE *et al.*, 2019). Dalio e colaboradores (2012) avaliaram o efeito de diferentes doses (0, 5, 10, 50 e 100 $\mu\text{g} / \text{mL}$) de fosfito de potássio sobre o crescimento micelial de *Phytophthora plurivora in vitro*, e observaram que a inibição do crescimento micelial foi crescente de acordo com dose aplicada, atingindo 65% de inibição com a maior dose de fosfito avaliada (100 $\mu\text{g} / \text{mL}$). Lai *et al.* (2017) avaliaram *in vitro* o efeito de diferentes concentrações do fosfito de potássio frente ao fungo *Penicillium expansum*, causador do mofo azul em maçãs, e relataram que a capacidade antifúngica melhorou conforme o aumento da concentração utilizada. Quando aplicado em altas concentrações os fosfitos possuem ação direta no patógeno e com isto aumentam a inibição do seu crescimento (JACKSON *et al.*, 2000).

Figura 5 - Efeito da biguanida polimérica e do fosfito de potássio no crescimento micelial *in vitro* de *Botrytis cinerea*.



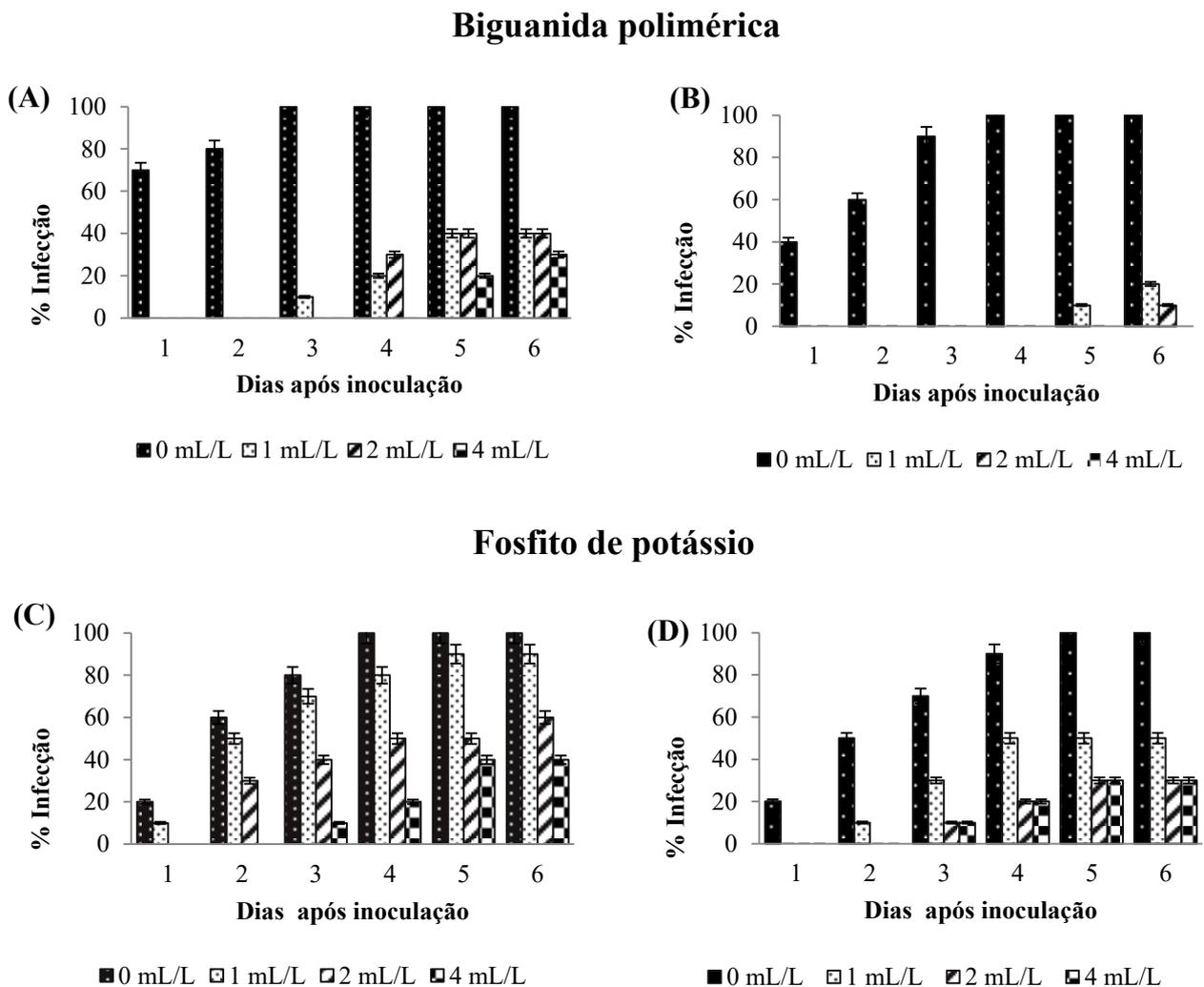
Fonte: Autora.

Para a biguanida polimérica não foi possível observar uma relação entre a dose aplicada com a inibição do *B. cinerea* (Figura 5). Esta característica também foi observada por Rebong e colaboradores (2011) ao avaliarem o efeito da biguanida polimérica sobre o fungo *Aspergillus keratitis*. Os pesquisadores observaram que a biguanida não apresenta uma ação progressiva na inibição do crescimento fúngico quando ocorre o aumento da sua concentração, e afirmam que este é um comportamento característico para este tipo de agente antimicrobiano.

3.4.2 Efeito protetor da biguanida polimérica e do fosfito de potássio em uvas inoculadas com *Botrytis cinerea*

O ataque de doenças fúngicas, além de causar prejuízos a campo, pode acarretar grandes perdas pós-colheita. A busca por produtos alternativos aos fungicidas convencionais também é alvo de diferentes estudos pós-colheita (DEMARTELAERE *et al.*, 2017; FENG *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2019). Neste contexto, a fim de avaliar o efeito protetor no pós-colheita, a Figura 6 apresenta a incidência da podridão cinzenta em bagas de uvas inoculadas com *B. cinerea* tratadas com diferentes concentrações de biguanida polimérica (Figura 6A e 6B) e fosfito de potássio (Figura 6C e 6D).

Figura 6 – Incidência da podridão cinzenta em uvas tratadas com diferentes concentrações de biguanida polimérica e fosfito de potássio e inoculadas com *Botrytis cinerea*.



A e C - uvas que sofreram injúria mecânica pré-inoculação do fungo. B e D - uvas que não sofreram injúria mecânica pré-inoculação do fungo.

Fonte: Autora.

Pode-se observar que após seis dias de armazenamento, as uvas tratadas com a biguanida polimérica apresentaram uma redução da incidência do fungo *B. cinerea* em 60, 60 e 70% para as concentrações de 1, 2 e 4 mL/L respectivamente, entre as uvas com ferimento (Figura 6A), e 80, 90 e 100% para as concentrações de 1, 2 e 4 mL/L, respectivamente, entre as uvas que não sofreram injúria mecânica (Figura 6B). Quanto a ação do fosfito de potássio, observou-se uma redução da incidência do fungo *B. cinerea* em 10, 40 e 60% para as concentrações de 1, 2 e 4 mL/L respectivamente, entre as uvas com ferimento (Figura 6C), e entre as uvas que não sofreram injúria mecânica 50, 70 e 70% para as concentrações de 1, 2 e 4 mL/L respectivamente (Figura 6D).

Estes resultados demonstraram uma eficiente redução da ação do *B. cinerea* em bagas de uva ao longo do armazenamento. Foi possível observar que as bagas de uvas que sofreram injúria mecânica apresentaram uma maior suscetibilidade ao desenvolvimento e esporulação do fungo. As injúrias em frutas são comumente observadas após a colheita e são responsáveis por alterações fisiológicas e bioquímicas, tornando a fruta mais suscetível à deterioração e ao ataque de microorganismos, como os fungos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Neste estudo, dentre os resultados apresentados, podemos destacar o uso de 2 mL/L da biguanida polimérica, que apresentou incidência da doença apenas ao 4º dia nas uvas que sofreram injúria mecânica e no 6º dia nas uvas que não sofreram injúria. Cabe ressaltar que este tratamento (2mL/L) foi a concentração mais baixa utilizada responsável por inibir 100% do crescimento micelial do *B. cinerea in vitro* (Figura 3). Pesquisadores avaliaram o papel antifúngico da biguanida polimérica no pós-colheita de tangerinas feridas manualmente e inoculadas com 20 µL de suspensão de artroconídios de *G. citri-aurantii* (1×10^6 /mL), e constataram redução efetiva da podridão no pós-colheita em tangerina após 20 dias de armazenamento a 26 °C, quando comparado a amostra sem aplicação (controle) (FENG *et al.*, 2011). Allen *et al.* (2006) sugerem que o modo de ação da biguanida polimérica pode ser atribuído à sua capacidade de causar separação da fase fosfolipídica e perda da função da membrana como observado em estudo com bactérias.

Neste estudo, ao avaliar o efeito protetor do fosfito de potássio em diferentes concentrações sobre o fungo *B. cinerea* em bagas de uva, foi possível observar uma redução da incidência da doença, conforme o aumento da concentração utilizada, característica já observada ao avaliar o crescimento micelial *in vitro*, o que também está de acordo com outros estudos (AMARAL *et al.*, 2017; LAI *et al.*, 2017). Apesar de não ser totalmente elucidado o mecanismo de ação dos fosfitos, pesquisadores relatam que ele pode agir de forma direta sobre o fungo, ou de forma indireta como indutor de resistência das plantas (DALIO *et al.*,

2012; JACKSON *et al.*, 2000). O uso de indutores de resistência, como o fosfito de potássio, é considerado promissor no manejo de doenças de plantas, devido à sua capacidade de controlar um amplo espectro de patógenos (SILVA *et al.*, 2019). Além disso, pesquisadores consideram a aplicação de fosfito como uma substância sustentável, podendo ser uma estratégia adicional a ser incluída em programas de manejo de doenças para reduzir o uso intensivo de fungicidas (GÓMEZ-MERINO; TREJO-TÉLLEZ, 2015; LOBATO *et al.*, 2018; MANNA *et al.*, 2016).

4 CONCLUSÃO

As uvas que receberam a aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica diretamente no cacho durante o período de maturação apresentaram maturação tecnológica satisfatória para a produção de vinhos finos. Os vinhos elaborados com estas uvas não tiveram interferência no processo fermentativo e apresentaram os parâmetros enológicos de acordo com os limites estabelecidos pela legislação.

A aplicação do fosfito de potássio acarretou um aumento significativo da produtividade do vinhedo com destaque para o tratamento F3 que recebeu o maior número de aplicações. Esta mesma amostra também apresentou aumento nos parâmetros de dureza, resiliência e coesão das bagas de uva. Além disso, foi possível observar que as uvas com maior número de aplicações de fosfito de potássio (F3) apresentaram maior teor de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante.

Para a biguanida polimérica, observou-se que as uvas que receberam somente uma aplicação durante a maturação (B1) apresentaram aumento da produtividade, e também apresentaram maiores valores de dureza e coesividade. Esta mesma amostra de uva apresentou o maior teor de polifenóis totais, antocianinas monoméricas totais e atividade antioxidante.

A composição dos vinhos também apresentou influência de acordo com o número de aplicações do fosfito de potássio e da biguanida polimérica durante a maturação da uva quando comparado ao controle, principalmente a concentração de polifenóis totais.

Com relação à análise antifúngica, verificou-se que o uso dos produtos comerciais utilizados neste estudo, foi capaz de inibir significativamente o crescimento micelial do fungo *B. cinerea in vitro*. A biguanida polimérica acarretou uma inibição do crescimento micelial entre 87,0 e 100%, enquanto que o fosfito de potássio foi capaz de inibir entre 13,4 e 52,3%, para as concentrações de 1 e 4 mL/L, respectivamente.

Também, foi possível observar uma redução da infecção do fungo *B. cinerea* em bagas de uva inoculadas no pós-colheita dependente da concentração utilizada (1, 2 e 4 mL/L). A aplicação de biguanida polimérica resultou em diminuição da incidência do fungo entre 60 a 70% e 80 a 100%, e as uvas tratadas com o fosfito de potássio a redução variou entre 10 a 60% e 50 a 70% para uvas com e sem injúria mecânica, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma revisão sobre o uso de fosfito de potássio na agricultura frente às doenças fúngicas, sendo uma possível alternativa a ser utilizada de maneira eficaz frente a estes patógenos tanto na forma isolada como combinada com os fungicidas convencionais.

A aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica, diretamente no cacho da uva durante o período de maturação, acarretou em maturação tecnológica satisfatória para elaboração de vinhos finos e não interferiu no metabolismo da levedura *Saccharomyces cerevisiae* utilizada no processo fermentativo. Os vinhos apresentaram os parâmetros enológicos de acordo com os limites estabelecidos pela legislação.

O número de aplicações da biguanida polimérica e do fosfito de potássio realizadas durante a maturação da uva influenciou no teor de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante. Uvas que receberam três aplicações de fosfito e aquelas com uma aplicação de biguanida polimérica apresentaram maior teor destes compostos. Além disto, estas mesmas amostras também apresentaram aumento nas propriedades mecânicas das uvas principalmente no parâmetro de dureza das bagas.

A análise antifúngica demonstrou que a biguanida polimérica foi capaz de reduzir 100% do crescimento micelial do fungo *B. cinerea in vitro* nas concentrações de 2 e 4 mL/L e no pós colheita resultou na diminuição da incidência fungica entre 60 a 100%. O fosfito de potássio foi capaz de inibir 52,3% do crescimento micelial do fungo *B. cinerea in vitro* na concentração de 4 mL/L, e no pós-colheita a redução da incidência fúngica variou entre 10 a 70%.

Diante do exposto, com a realização deste trabalho observou-se que a aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica diretamente no cacho das uvas pode ser uma alternativa eficiente a ser empregada nas práticas vitícolas, sem interferir de forma adversa na composição química da uva e do vinho. No entanto, para trabalhos futuros, sugere-se realizar a aplicação do fosfito de potássio e da biguanida polimérica a campo em diferentes variedades de uvas, tintas e brancas, e avaliar a sua influência na composição fenólica individual, bem como, a presença de possíveis resíduos destes produtos nas uvas e vinhos. Também, sugere-se avaliar o uso destes produtos comerciais, sobre o crescimento micelial *in vitro* de outras espécies de fungos e patógenos responsáveis por doenças na videira.

REFERÊNCIAS

- ABBEY, J. A.; PERCIVAL, D.; ABBEY, L.; ASIEDU, S. K.; PRITHIVIRAJ, B.; SCHILDER, A. Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*) – prospects and challenges. **Biocontrol Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 207-228, 2019.
- ACHARY, V. M. M.; RAM, B.; MANÁ, M.; DATTA, D.; BHATT, A.; REDDY, M. K.; AGRAWAL, P. K. Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. **Plant Biotechnology Journal**, v. 15, n. 12, p. 1493-1508, 2017.
- ÁCIMOVIĆ, S. G.; ZENG, Q.; MCGHEE, G. C.; SUNDIN, G. W.; WISE, J. C. Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. **Front. Plant Sci.**, v. 6, n. 16, p. 1-10, 2015.
- AGROFIT. **Consulta de Produtos Formulados**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 10 jan 2022.
- AHMED, N. U.; PARK, J. I.; JUNG, H. J.; YANG, T. J.; HUR, Y.; NOU, I. S. Characterization of dihydroflavonol 4-reductase (DFR) genes and their association with cold and freezing stress in *Brassica rapa*. **Gene**, v. 550, p. 46-55, 2014.
- ALEIXANDRE-TUDO, J. L.; BUICA, A.; NIEUWOUDT, H.; ALEIXANDRE, J. L.; DU TOIT, W. Spectrophotometric Analysis of Phenolic Compounds in Grapes and Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 20, p. 4009–4026, 2017.
- ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em fitopatologia**. 1st ed. Editora UFV, Viçosa, 2007, 516p.
- ALLEN, M. J.; WHITE, G. F.; MORBY, A. P. The response of *Escherichia coli* to exposure to the biocide polyhexamethylene biguanide. **Microbiology**, v. 152, p. 989-1000, 2006.
- ALVAREZ, A. M.; VARGAS, B. V. Efecto de fungicidas aplicados en precosecha y SO₂ en postcosecha en el control de *Botrytis cinerea* Pers. en uva almacenada cv. Sultanina. **Agricultura Tecnica**, v. 43, n. 1, p. 61-66, 1983.
- AMARAL, D. D.; MONTEIRO, A. L. R.; SILVA, E. I.; LINS, S. R. O.; OLIVEIRA, S. M. A. Frequency of quiescent fungi and post-harvest alternative management of stem end rot in papaya. **Rev. Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 786 – 793, 2017.
- AMARANTE, C. V. T.; BARTNICK, V. A.; SILVEIRA, J. P. J.; COLDEBELLA, M. C.; DENARDI, V.; STEFFENS, C. A. Alternative treatments for postharvest control of blue mold in ‘fuji’ apples. **Acta Horticulturae**, v. 1179, p. 133-138, 2017.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. v.1, 4.ed., Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2011, 704p.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de Análise de resíduos de agrotóxicos para alimentos – PARA**. Plano plurial 2017-2020, 2019, 136p.

- AZEVEDO, J.; FERNANDES, I.; FARIA, A.; OLIVEIRA, J.; FERNANDES, A.; FREITAS, V.; MATEUS, N. Antioxidant properties of anthocyanidins, anthocyanidin-3-glucosides and respective portisins. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 518 – 523, 2010.
- BALOUIRI, M.; SADIKI, M.; IBNSOUDA, K. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. **Journal of Pharmaceutical Analysis**, v. 6, n. 2, p. 71-79, 2016.
- BARTOLOMÉ, B.; NUÑEZ, V.; MONAGAS, M.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C. In vitro antioxidant activity of red grape skins. **European Food Research and Technology**, v. 218, p. 173–177, 2004.
- BLOCK, S.S. **Disinfection, sterilization and preservation**. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001, 1504p.
- BOCK, C. H.; BRENNEMAN, T. B.; HERRINGTON, K.; HOTCHKISS, M. W. The effect of phosphonate rate on control of scab on pecan. **Crop protection**, v. 124, 104823, 2019.
- BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y. Viabilidade do uso de fosfitos no controle da sarna-da-macieira. **Agropecuária Catarinense**, v. 18, p. 51-54, 2005.
- BONIN, V.; BRIGHENTI, E. Aspectos climáticos e produção de vinhos finos na serra catarinense. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 9, 2006, Fraiburgo. **Anais**, Fraiburgo: Epagri, 2006.
- BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F. A.; SILVA, A. L. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 398-405, 2011.
- BOULTON, R. The Copigmentation of Anthocyanins and Its Role in the Color of Red Wine: A Critical Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 52, p. 67-87, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria no. 283, de 18 de junho de 1998. Aprova normas e procedimentos para o registro de estabelecimento, bebidas e vinagres, inclusive vinhos e derivados da uva e do vinho e expedição dos respectivos certificados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 22 jun. 1998. Seção 1, n.106.
- BRASIL. RDC Nº 30, DE 4 DE JULHO DE 2011. Substitui a lista de substâncias de ação conservante permitidas para produtos saneantes constante do Anexo da Resolução - RDC n. 35/2008 e revoga a Resolução - RDC n. 58/2009. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 de julho de 2011.
- BREDUN, M. A.; GOMES, T. M.; ASSUMPÇÃO, T. I.; BRIGHENTI, A. F.; CHAVES, E. S.; PANCERI, C. P.; BURIN, V. M. Statement of Boron application impact on yield, composition and structural properties in Merlot grapes. **Scientia Horticulturae**, v. 288, 110364, 2021.
- BRIGHENTI, A. F.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V.; RUFATO, L. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina – Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 7. p. 1162-1167, 2013.

BRIGHENTI, A.F.; RUFATO, L.; KRETZCHMAR, A.A.; SCHLEMPER, C. Desempenho vitivinícola da Cabernet Sauvignon sobre diferentes porta-enxertos em região de altitude de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 33, n. 1, p. 96-102, 2011.

BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo sistema CCM geoviticola. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, 2004, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos**. Florianópolis: SBF, 2004. 4p.

BRIZ-CID, M.; FIGUEIREDO-GONZALEZ, M.; RIAL-OTERO, R.; CANCHO-GRANDE, B.; SIMAL-GANDARA, J. The measure and control of effects of botryticides on phenolic profile and color quality of red wines. **Food Control**, v. 50, p. 942-948, 2015.

BRIZ-CID, N.; CASTRO-SOBRINO, L.; RIAL-OTERO, R.; CANCHO-GANDRE, B.; SIMAL-GANDARA, J. Fungicide residues affect the sensory properties and flavonoid composition of red wine. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 185-192, 2018.

BROXTON, P.; WOODCOCK, P. M.; HEATLEY, F.; GILBERT, P. Interaction of some polyhexamethylene biguanides and membrane phospholipids in *Escherichia coli*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 57, n. 1, p. 115-124, 1984.

BURIN, V. M.; COSTA, L. L. F.; ROSIER, J. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Cabernet Sauvignon wines from two different clones, characterization and evolution during bottle ageing. **LWT – Food Science and Technology**, v. 44, p. 1931-1938, 2011.

CAMOCHENA, R. C.; STEILMANN, P.; SANTOS, I.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; OLIVEIRA, M. C. Ação de fosfitos de potássio no manejo de mofo branco em soja. **Summa Phytopathol.**, v. 46, n. 3, p. 260-266, 2020.

CAMPO, J.; MASIÁ, A.; BLASCO, C.; PICÓ, Y. Occurrence and removal efficiency of pesticides in sewage treatment plants of four Mediterranean River Basins. **Journal of Hazardous Materials**, p.146–157, 2013.

CARVALHO, N. L. Resistência genética induzida em plantas cultivadas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n. 7, p. 1379-1390, 2012.

CASTRO-SOBRINO, L.; BRIZ-CID, N.; FIGUEIREDO-GONZALEZ, M.; SIEIRO-SAMPEDRO, T.; GONZALEZ-BARREIRO, C.; CANCHO-GRANDE, B.; RIAL-OTERO, R.; SIMAL-GANDARA, J. Impact of fungicides mepanipyrim and tetraconazole on phenolic profile and colour of Mencía red wines. **Food Control**, v. 98, p. 412-423, 2019.

CERIONI, L.; RAPISARDA, V. A.; DOCTOR, J.; FIKKERT, S.; RUIZ, T.; FASSEL, R.; SMILANICK, J. L. Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay. **Plant Disease**, v. 97, p. 201-212, 2013.

CERIONI, L.; SEPULVEDA, M.; RUBIO-AMES, Z.; VOLENTINI, S. I.; RODRÍGUEZ MONTELONGO, L.; SMILANICK, J. L.; RAMALLO, J.; RAPISARDA, V. A. Control of lemon postharvest diseases by low-toxicity salts combined with hydrogen peroxide and heat. **Postharvest Biology and Technology**, v. 83, p. 17-21, 2013.

- CERQUEIRA, A.; ALVES, A.; BERENGUER, H.; CORREIA, B.; GÓMEZ-CADENAS, DIEZ, J. J.; MONTEIRO, P.; PINTO, G. Phosphite shifts physiological and hormonal profile of Monterey pine and delays *Fusarium circinatum* progression. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 114, p. 88-99, 2017.
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Cultivo protegido de videira: manejo fitossanitário, qualidade enológica e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 3, p. 910-918, 2013.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2Ed., Lavras: UFLA, 2005. 783p.
- CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, v. 4, n. 2, p. 204–223, 1973.
- CONRATH, U.; PIETERSE, C. M. J.; MAUCH-MANI, B. Priming in plant–pathogen interactions. **Trends in Plant Science**, v. 7, n. 5, p. 210–216, 2002.
- CORREIA, M.; RODRIGUES, M.; PAIGA, P.; DELERUE-MATOS, C. **Fungicidas**. Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politecnico do Porto, Elsevier Ltd: Porto, Portugal, 2016, 8p.
- COSTA, B. H. G.; RESENDE, M. L. V.; MONTEIRO, A. C. A. RIBEIRO-JÚNIOR, P. M.; BOTELHO, D. M. S.; SILVA, B. M. Potassium phosphites in the protection of common bean plants against anthracnose and biochemical defence responses. **Journal of Phytopathology**, v. 166, n. 2, p. 95-102, 2017.
- DALBÓ, M. A.; SCHUCK, E. Avaliação do uso de fosfitos para o controle do míldio da videira. **Agropecuária Catarinense**, v. 16, p. 33-36, 2003.
- DALIO, R. J. D.; FLEISCHMANN, F.; HUMEZ, M.; OSSWALD, W. Phosphite protects *Fagus sylvatica* seedlings towards *Phytophthora plurivora* via local toxicity, priming and facilitation of pathogen recognition. **PLoS One**, v. 9, e87860, 2014.
- DALIO, R. J. D.; RIBEIRO-JUNIOR, P. M.; RESENDE, M. L. V.; SILVA, A. C.; BLUMER, S.; PEREIRA, V. F.; OSSWALD, W.; PASCHOLATI, S. F. O triplo modo de ação dos fosfitos em plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 20, p. 206-242, 2012.
- DANIEL, R.; GUEST, D. Defense responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora*-challenged *Arabidopsis thaliana*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 67, p. 194-201, 2005.
- DELIOPOULOS, T.; KETTLEWELL, P. S.; HARE, M. C. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **Crop Protection**, v. 29, n. 10, p. 1059-1075, 2010.
- DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C. GUIMARÃES, G. H. C.; SILVA, J. A.; LUNA, R. G. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 47, n. 2, p. 211-217, 2017.

DHINGRA, O; SINCLAIR, J. **Basic plant pathology methods**. 2. ed. London: Lewis Publishers, 1994, 355p.

DUTRA, J. B.; BLUM, L. E. B. Use of phosphites in postharvest to control anthracnose of yellow passionfruit. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 6, p. 1799-1809, 2019.

DUTRA, J. B.; BLUM, L. E. B.; LOPES, L. F.; CRUZ, A. F.; UESUGI, C. H. Use of hot water, combination of hot water and phosphite, and 1-MCP as post-harvest treatments for passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) reduces anthracnose and does not alter fruit quality. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 59, p. 847–856, 2018.

DZEDZE, N.; VAN-BREDA, V.; HART, R. S.; VAN-WYK, J. Wine chemical, sensory, aroma compound and protein analysis of wines produced from chemical and biological fungicide treated Chenin blanc grapes. **Food Control**, v. 105, p. 265-276, 2019.

EPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Reregistration Eligibility Decision (RED) for PHMB**. WASHINGTON, D.C, 98p, 2004.

EPI-AGRI. **Diseases and pests in viticulture**. Brussels: EIP-AGRI network, 2019, 67p.

ESHRAGHI, L.; ANDERSON, J.; ARYAMANESH, N.; SHEARER, B.; McCOMB, J.; HARDY, G. E. O'BRIEN, P. A. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant pathology**, v. 60, p. 1086-1095, 2011.

EUROPEAN COMMISSION. Health & Consumers directorate-general. **Review report for the active substance potassium phosphonates**, 2013, 9p.

FALCÃO, L. D.; REVEL, G.; ROSIER, J. P.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Aroma impact components of Brazilian Cabernet Sauvignon wines using detection frequency analysis (GC-olfactometry). **Food Chemistry**, v. 107, p. 497-505, 2008.

FENG, L.; WU, F.; LI, J.; JIANG, I.; DUAN, X. Antifungal activities of polyhexamethylene biguanide and polyhexamethylene guanide against the citrus sour rot pathogen *Geotrichum citri-aurantii* in vitro and in vivo. **Postharvest Biology and Technology**, v.61, n.2-3, p.160-164, 2011.

FENN, M. E.; COFFEY, M. D. Studies on the in vitro and in vivo antifungal activity of Fosetyl-Al and Phosphorous acid. **Phytopathology**, v. 74, p. 606-611, 1984.

FERNÁNDEZ-MAR, M. I.; MATEOS, R.; GARCÍA-PARRILLA, M.C.; PUERTAS, B.; CANTOS-VILLAR, E. Bioactive compounds in wine: Resveratrol, hydroxytyrosol and melatonin: A review. **Food Chemistry**, v. 130. p. 797-813, 2012.

FISCELLA, R. G.; MOSHIFAR, M.; MESSICK, C. R.; PENDLAND, S. L.; CHANDLER, J.W.; VIANA, M. Polyhexamethylene biguanide (PHMB) in the treatment of experimental *Fusarium keratomycosis*. **Cornea**, v. 16, n. 4, p. 447-449, 1997.

FLANZY, C. **Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos**. 1. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000, 797p.

FRANZIN, M. Biguanida polimérica versatilidade e diversificação em um só produto. **Arch Quimica Brasil**, São Paulo, 2005.

FURTADO, E. B.; DORNELES, K. R.; DALLAGNOL, L. J. Curative and protective action of organic and inorganic compounds in the control of *Microsphaera diffusa* in soybean. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 1, 2020.

GADAGA, S. J. C.; ABREU, M. S.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO-JÚNIOR, P. M. Phosphites for the control of anthracnose in common bean. **Pesq. agropec. Bras**, v. 52, n. 1, p. 36-44, 2017.

GADOURY, D. M.; CADLE-DAVIDSON, L.; WILCOX, W. F.; DRY, I. B.; SEEM, R. C.; MILGROOM, M. G., 2012. Grapevine powdery mildew (*Erysiphe necator*): a fascinating system for the study of the biology, ecology and epidemiology of an obligate biotroph. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2012.

GAO, Y.; CRANSTON, R. An effective antimicrobial treatment for wool using polyhexamethylene biguanide as the biocide, Part 1: Biocide uptake and antimicrobial activity. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 117, p. 3075-3082, 2010.

GARGANESE, F.; SANZANI, S. M.; RELLA, D.; SCHENA, L.; IPPOLITO, A. Pre- and postharvest application of alternative means to control *Alternaria* Brown spot of citrus. **Crop Protection**, v. 121, p. 73-79, 2019.

GARRIDO, J.; BORGES, F. Wine and grape polyphenols - A chemical perspective, **Food Research International**, v. 54, p. 1844-1858, 2013.

GARRIDO, L. R.; GAVA, R. **Manual de Doenças Fúngicas da Videira**. 1. ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014, 103p.

GARRIDO-BAÑUELOS, G.; BUICA, A.; SCHÜCKEL, J.; ZIETSMAN, A. J. J.; WILLATS, W. G. T.; MOORE, J. P.; DU TOIT, W. J. Investigating the relationship between grape cell wall polysaccharide composition and the extractability of phenolic compounds into Shiraz wines. Part I: Vintage and ripeness effects. **Food Chemistry**, v.278, p.36-46, 2019.

GAVA, A.; EMER, C. D.; FICAGNA, E.; ANDRADE, S. F.; FUENTEFRIA, A. M. Occurrence and impact of fungicides residues on fermentation during wine production– A review. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 38, n. 6, p. 943-961, 2021.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, 2002. 78p.

GHISARI, M.; LONG, M.; TABBO, A.; BONEFELD-JORGENSEN, E. C. Effects of currently used pesticides and their mixtures on the function of thyroid hormone and aryl hydrocarbon receptor in cell culture. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 284, n. 3, p. 292-303, 2015.

GIACOSA, S.; OSSOLA, C.; BOTTO, R.; SEGADE, S. R. Impact of specific inactive dry yeast application on grape skin mechanical properties, phenolic compounds extractability, and wine composition. **Food Research International**, v. 116, n. 18, p. 1084–1093, 2019.

- GIESE, J. Texture measurement in foods. **Food Technology**, v. 57, n.3, p. 63–65, 2003.
- GILARDI, G.; GULLINO, M. L.; GARIBALDI, A. Preventative treatments in nursery with different biocontrol agents and potassium phosphite salt to control *Fusarium wilt* agents of lettuce and rocket. **Acta Horticulturae**, v. 1270, p. 295-300, 2020.
- GILARDI, G.; PUGLIESE, M.; GULLINO M. K.; GARIBALDI, A. Nursery treatments with resistant inducers, soil amendments and biocontrol agents for the management of the *Fusarium wilt* of lettuce under glasshouse and field conditions. **Journal of Phytopathology**, v. 167, n. 2, p. 98-110, 2018.
- GILBERT, P.; MOORE, L. E. Cationic antiseptics: diversity of action under a common epithet. **Journal of Applied Microbiology**, v. 99, p. 703-715, 2005.
- GILL, U. S.; SUN, L.; RUSTGI, S.; TANG, Y.; WETTSTEIN, D. V.; MYSORE, K. S. Transcriptome-based analyses of phosphite-mediated suppression of rust pathogens *Puccinia emaculata* and *Phakopsora pachyrhizi* and functional characterization of selected fungal target genes. **The Plant Journal**, v. 98, n. 5, p. 894-904, 2018.
- GISI, U. Synergistic Interaction of Fungicides in Mixtures. **Phytopathology**, v.86, p.1273-1279, 1996.
- GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. **Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy**. In: Wrolstad, R. E. (Ed.). Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York: John Wiley & Sons, p. 1-13, 2001.
- GLORIES, Y. La couleur des vins rouges. **Connaissance Vigne Vin**, v. 18, n. 4, p. 253- 271, 1984.
- GOMES, E. C. S.; LEITE, R. P.; SILVA, F. J. A.; CAVALCANTI, L. S.; NASCIMENTO, L. C.; SILVA, S. M. Manejo do míldio e ferrugem em videira com indutores de resistência: produtividade e qualidade pós-colheita. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 332-335, 2011.
- GÓMEZ-MERINO, F. C.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 82-90, 2015.
- GÓMEZ-MERINO, F. C.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. Conventional and novel uses of phosphite in horticulture: potentialities and challenges. **Italus Hortus**, v. 23, n. 2, p. 1-13, 2016.
- GPO. GOVERNMENT PRINTING OFFICE – U.S.A. **Tolerances and exemptions for pesticide chemical residues in food**, 2020. Disponível em: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=77d64fa07e2aee41995e79282b6ec116&mc=true&node=pt40.26.180&rgn=div5#se40.26.180_11210. Acesso em: 05 out. 2020.
- GRIS, E. F.; BURIN, V. M.; BRIGHENTI, E.; VIEIRA, H.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Phenology and ripening of *Vitis vinifera* (L.) grape varieties in São Joaquim, southern Brazil: a new South American wine growing region. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 37, p. 61-75, 2010.

- GRIS, E. F.; MATTIVI, F.; FERREIRA, E. A.; VRHOVSEK, U.; PEDROSA, R. C.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Proanthocyanidin profile and antioxidant capacity of Brazilian *Vitis vinifera* red wines. **Food Chemistry**, v. 126, p. 213-220, 2011.
- GUEST, D.; BOMPEIX, G. The complex mode of action of phosphonates. **Austral Plant Pathol**, v. 19, p. 113– 115, 1990.
- GUEST, D.; GRANT, B. R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 66, p. 159-187, 1991.
- GULLINO, M. L.; LEROUX, P.; SMITH, C. M. Uses and challenges of novel compounds for plant disease control. **Crop Protection**, v. 19, n. 1, p 1–11, 2000.
- GULLINO, M. L.; TABONE, G.; GILARDI, G.; GARIBALDI, A. Effects of elevated atmospheric CO₂ and temperature on the management of powdery mildew of zucchini. **Journal of Phytopathology**, v. 168, n. 7-8, p. 405-415, 2020.
- GUO, M.; LI, B.; XIANG, Q.; WANG, R.; LIU, P.; CHEN, Q. Phosphite translocation in soybean and mechanisms of *Phytophthora sojae* inhibition. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 172, 104757, 2021.
- GUTIÉRREZ-GAMBOA, G.; GÓMEZ-PLAZA, E.; BAUTISTA-ORTÍN, A. B.; GARDE-CERDÁN, T.; MORENO-SIMUNOVIC, Y.; MARTÍNEZ-GIL, A. M. Rootstock effects on grape anthocyanins, skin and seed proanthocyanidins and wine color and phenolic compounds from *Vitis vinifera* L. Merlot grapevines. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 6, p. 2846-2854, 2019.
- HAN, X., XI, Y.; ZHANG, Z.; MOHAMMADI, M. A.; JOSHI, J.; BORZA, T.; GEFUWANG-PRUSKI, G. Effects of phosphite as a plant biostimulant on metabolism and stress response for better plant performance in *Solanum tuberosum*. **Ecotoxicol. Environ. Saf**, v. 210, 111873, 2021.
- HANSEN, A. S.; MARCKMANN, P.; DRAGSTED, L.O.; FINNE-NIELSEN, I. L.; NIELSEN, S.E.; GRONBAEK, M. Effect of red wine and red grape extract on blood lipids, haemostatic factors, and other risk factors for cardiovascular disease. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 59, p. 449–455, 2005.
- HARBEoui, H.; HICHAMI, A.; AIDIWANNES, W.; LEMPUT, J.; SAIDANITOUNSI, M.; KHAN, N.A. Anti-inflammatory effect of grape (*Vitis vinifera* L.) seed extract through the downregulation of NF- κ B and MAPK pathways in LPS-induced RAW264.7 macrophages. **South African Journal of Botany**, v. 125, p. 1-8, 2019.
- HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 52, p. 481-504, 2000.
- HIDEG, E.; JANSEN, M. A. K.; STRID, A. UV-B exposure, ROS, and stress: inseparable companions or loosely linked associates? **Trends in plants Science**, v. 18, n. 2, p. 107 – 115, 2013.

HIROSSE, E. H.; CRESTE, J. E.; CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO-NETO, N. B. *In vitro* growth of sweet potato fed with potassium phosphite. **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 1, p. 85-91, 2012.

HONORATO-JÚNIOR, J.; DEBONA, D.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Factors influencing the performance of phosphites on the control of coffee leaf rust. **Bragantia**, v. 80, e0221, 2021.

HOSSAIN, A.; UDDIN, S. N. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, p. 1094-1101, 2011.

HUKKANEM, A. T.; KOKKO, H. I.; BUCHALA, A. J.; MCDOUGALL, G. J.; STEWART, D.; KARENLAMPI, S. O. Benzothiadiazole induces the accumulation of phenolics and improves resistance to powdery mildew in strawberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 1862-1870, 2007.

IGBEDIOH, S. O. Effects of Agricultural Pesticides on Humans, Animals, and Higher Plants in Developing Countries. **Archives of Environmental Health**, v. 46, n. 4, p. 218-224, 1991.

IRITI, M.; VITALINI, S.; DI TOMMASO, G.; D'AMICO, S.; BORGIO, M.; FAORO, F. New chitosan formulation prevents grapevine powdery mildew infection and improves polyphenol content and free radical scavenging activity of grape and wine. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17, p. 263-269, 2011.

JACKSON, R. S. **Wine science: Principles and applications**. 3. ed. London: Academic Press, 2008, 776p.

JACKSON, T. J.; BURGESS, T.; COLQUHOUN, I.; HARDY, G. E. J. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, v. 49, p. 147-154, 2000.

JALIL, R. C.; NORENO, S. A.; APABLAZA, H. G. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento micelial de *Botrytis cinerea* y de su antagonista *Trichoderma harzianum*. **Ciência e Investigación Agrária**, v. 24, n. 2-3, p. 125-132, 1997.

JELTEMA, M.; BECKLEY, J.; VAHALIK, J. Model for understanding consumer textural food choice. **Food Science & Nutrition**, p. 202 -212, 2014.

JONES, G.; DAVIS, R. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 51, p. 249-261, 2000.

JOST, R.; PHARMAWATI, M.; LAPIS-GAZA, H. R.; ROSSIG, C.; BERKOWITZ, O.; LAMBERS, H.; FINNEGAN, P.M. Differentiating phosphate-dependent and phosphate-independent systemic phosphate-starvation response networks in *Arabidopsis thaliana* through the application of phosphite. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 9, p. 2501-2514, 2015.

KAEHN, K. Polihexanide: A Safe and Highly Effective Biocide. **Skin Pharmacology and Physiology**, v. 23, n. 1, p.7-16, 2010.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. 3. ed. London: Academic Press, 2020, 554p.

KING, M.; REEVE, W.; VAN DER HOEK, M. B.; WILLIAMS, N.; MCCOMB, J. O'BRIEN, P. A.; HARDY, G. E. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 284, n. 6, p. 425-435, 2010.

KÖK, D.; ÇELİK, S. Determination of characteristics of grape berry skin in some table grape cultivars (*V. vinifera* L.). **Journal of Agronomy**, v. 3, p. 141-146, 2004.

KUPFER, V. M. VOGT, E. I.; ZIEGLER, T.; VOGEL, R. F.; NIESSEN, L. Comparative Protein Profile Analysis of Wines Made From *Botrytis Cinerea* Infected and Healthy Grapes Reveals a Novel Biomarker for Gushing in Sparkling Wine. **Food Research International**, v. 99, p. 501-509, 2017.

KY, I.; LORRAIN, B.; JOURDES, M.; PASQUIER, G.; FERMAUD, M.; GENY, L.; TEISSEDRE, P.L. Assessment of grey mould (*Botrytis cinerea*) impact on phenolic and sensory quality of Bordeaux grapes, musts and wines for two consecutive vintages: *Botrytis cinerea* effect on grape and wine quality. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 18, n. 2, p. 215-226, 2012.

LAI, T.; WANG, Y.; FAN, Y.; ZHOU, Y.; BAO, Y.; ZHOU, T. The response of growth and patulin production of postharvest pathogen *Penicillium expansum* to exogenous potassium phosphite treatment. **International Journal of Food Microbiology**, v. 244, p. 1-10, 2017.

LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.; ROMERO-PÉREZ, A. I.; WATERHOUSE, A. L.; De La TORRE-BORONAT, M. C. Direct HPLC analysis of cis and trans-resveratrol and piceid isomers in Spanish red *Vitis vinifera* wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 281-283, 1995.

LANDI, L.; FELIZIANI, E.; ROMANAZZI, G. Expression of Defense Genes in Strawberry Fruits Treated with Different Resistance Inducers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 14, p. 3047-3056, 2014.

LARI, S. Z.; KHAN, N. A.; GANDHI, K. N.; MESHARAM, T. S.; THACKER, N. P. Comparison of pesticide residues in surface water and ground water of agriculture intensive áreas. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 12, n. 11, 2014.

LE MOIGNE, M.; SYMONEAUX, R.; JOURJON F. How to follow grape maturity for wine professionals with a seasonal judge training? **Food Quality and Preference**, v. 19, p. 672-681, 2008.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. G. Standardization of pigment analysis in cranberries. **Hortscience**, v. 7, p. 83-84, 1972.

LEONG, S. Y.; BURRITT, D. J.; OEY, I. Evaluation of the anthocyanin release and health-promoting properties of Pinot Noir grape juices after pulsed electric Fields. **Food Chemistry**, v. 196, p.833-841, 2016.

LETAIEF, H.; ROLLE, L.; ZEPPA, G.; GERBI, V. Assessment of grape skin hardness by a puncture test. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 8, p. 1567-1575, 2008.

LI, R.; CARPENTER, J. A.; CHENEY, R. Sensory and instrumental properties of smoked sausage made with Mechanically Separated Poultry (MSP) meat and wheat protein. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 5, p. 923-929, 1998.

LIMA, M. F.; LOPES, D. B.; TAVARES, S. C. C. de H.; TESSMANN, D. J.; MELO, N.F. de Doenças e alternativas de controle. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.) **A vitivinicultura no Semiárido Brasileiro**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi Árido, p. 543-596, 2009.

LING, C.; LIEW, Z.; EHRENSTEIN, O. S.; HECK, J. E.; PARK, A. S.; CUI, X.; COCKBURN, M.; WU, J.; RITZ, B. Prenatal Exposure to Ambient Pesticides and Preterm Birth and Term Low Birthweight in Agricultural Regions of California. **Toxics**, v. 6, n. 3, 2018.

LOBATO, M. C.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B.; OLIVIERI, F. P. Cell Wall Reinforcement in the Potato Tuber Periderm After Crop Treatment with Potassium Phosphite. **Potato Research**, v. 61, p. 9–29, 2018.

LOBATO, M. C.; MACHINANDIARENA, M. F.; TAMBASCIO, C.; DOSIO, G. A. A.; CALDIZ, D. O.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B.; OLIVIERI, F. P. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. **Eur J Plant Pathol**, v. 130, n. 2, p. 155–163, 2011.

LOBATO, M. C.; OLIVIERI, F. P.; GONZÁLEZ ALTAMIRANDA, E. A.; WOLSKI, E. A.; DALEO, G. R.; CALDIZ, D. O.; ANDREU, A. B. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. **European Journal of Plant Pathology**, v. 122, n. 3, p. 349-358, 2008.

LOPES, L. F.; CRUZ, A. F.; BARRETO, M. L. A.; VASCONCELOS, T. M. M.; BLUM, L. E. B. Post-harvest treatment with ca-phosphite reduces anthracnose without altering papaya fruit quality. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 93, n. 3, 2018.

LORENZ, D.H.; EICHHORN, K.W.; BLEIHOLDER, H.; KLOSE, R.; MEIER, U.; WEBER, E. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) - codes and descriptions according to the extended BBHC scale. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 1, p. 100-103, 1995.

LORENZINI, M.; MILLIONI, R.; FRANCHING, C.; ZAPPAROLI, G.; ARRIGONI, G.; SIMONATO, B. Identification of potential protein markers of noble rot infected grapes. **Food Chemistry**, v. 179, p. 170-174, 2015.

LOVATT, C. J.; MIKKELSEN, R. L. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do? **Better Crops**, v. 90, p. 1-11, 2006.

LUO, Y.; DONG, J.; SHI, X.; WANG, W.; LI, Z.; SUN, J. Quantitative detection of soluble solids content, pH, and total phenol in Cabernet Sauvignon grapes based on near infrared spectroscopy. **International Journal of Food Engineering**, v. 17, n. 5, p. 365 – 375, 2021.

- MACHEIX, J. J.; SAPIS, J. C.; FLEURIET, A. Phenolic compounds and polyphenoloxidase in relation to browning in grapes and wines. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 30, p. 441–486, 1991.
- MACHINANDIARENA, M. F.; OYARBURO, N. S.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B.; OLIVIERI, F. P. The reinforcement of potato cell wall as part of the phosphite-induced tolerance to UV-B radiation. **Biologia plantarum**, v. 62, n. 2, p. 388-394, 2018.
- MANNA, M.; ACHARY, V. M. M.; ISLAM, T.; AGRAWAL, P. K.; REDDY, M. K. The development of a phosphite mediated fertilization and weed control system for rice. **Scientific Reports**, v. 6, 24941, 2016.
- MANTHEY, J. A.; BUSLIG, B. S.; BAKER, M. E. Flavonoids in cell function. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 505, p. 1-7, 2002.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. **Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 de agosto de 2018, sec. 1, 19p.
- MARGNI, M.; ROSSIER, D.; CRETZAZ, P.; JOLLIET, O. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 93, n. 3, p. 379-392, 2002.
- MARQUES, L. **Fosfito, fosfato e fosfonato, quais as diferenças?** In: ElevAgro, 06 junho 2019. Disponível em: <https://elevagro.com/materiais-didaticos/fosfito-fosfato-e-fosfonatoquais-as-diferencas>. Acesso em: 13 dez 2021.
- MARTINEZ, F.; BLANCARD, D.; LECOMTE, P.; LEVIS, C.; DUBOS, B.; FERMAUD, M. Phenotypic differences between vacuina and transposa subpopulations of *Botrytis cinerea*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 479-488, 2003.
- MASIÁ, A.; CAMPO, J.; NAVARRO-ORTEGA, A.; BARCELÓ, D.; PICÓ, Y. Pesticide monitoring in the basin of Llobregat River (Catalonia, Spain) and comparison with historical data. **Science of The Total Environment**, v. 503-504, p. 58-68, 2015.
- MASIKANE, S. L.; NOVELA, P.; MOHALE, P.; McLEOD, A. Effect of phosphonate application timing and -strategy on phosphite fruit and root residues of avocado. **Crop protection**, v. 128, 105008, 2020.
- MASO, E.; COCKING, J.; MONTECCHIO, L. An enhanced trunk injection formulation of potassium phosphite against chestnut ink disease. **The International Journal of Urban Forestry**, v. 39, n. 2, p. 125-141, 2017.
- MATO, I.; SUÁREZ-LUQUE, S.; HUIDOBRO, J. F. Simple determination of main organic acids in grape juice and wine by using 139 capillary zone electrophoresis with direct UV detection. **Food Chemistry**, v. 102, p. 104-112, 2007.

MATTIVI, F.; ZULIAN, C.; NICOLINI, G.; VALENTI, L. Wine, biodiversity, technology, and antioxidants. *In: ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES. Anais: New York Academy of Sciences. New York: 2002, v. 957, p. 37-56.*

MCDONALD, A. E.; GRANT, B. R.; PLAXTON, W. C. Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p. 1505–1519, 2001.

McGRATH, M.T. What are fungicides? The Plant Health Instructor. Disponível em: <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/Fungicides.aspx>. Acesso em: fev. 2022.

McINTIRE, W.H., WINTERBERG, S.H., HARDIN, L.J., STERGES, A. J., CLEMENTS, L.B. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous, and phosphoric material by means of pot cultures. **Agronomy Journal**, v. 42, p. 543-549, 1950.

MELLO, L. M. R. Vitivinicultura Brasileira: Panorama 2018. **Comunicado Técnico 210**, Bento Gonçalves-RS, 2019.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. E. Vitivinicultura Brasileira: Panorama 2020. **Comunicado Técnico 223**, Bento Gonçalves-RS, 2021.

MENEGHETTI, R.C. **Avaliação do fosfito de potássio sobre o progresso de *Phakospora pachyrhizi* em soja**. 2009,67p. Tese (Doutorado em Produção vegetal) – Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MERCOSUL. Resolução 45/1996 do GMC. Regulamento Vitivinícola do Mercosul. *In: Ibravin. Legislação vitivinícola*. Bento Gonçalves: Ibravin, 2002.

MIELE, A. Wine composition of Merlot and Cabernet Sauvignon vine clones under the environmental conditions of Serra Gaúcha, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 41, p.116 – 122, 2021.

MIELE, A.; RIZZON, L. A.; ZANUS, M.C. Discrimination of Brazilian red wines according to the viticultural region, varietal, and winery origin. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 268-275, 2010.

MILES, T. D.; GLASS, B. W.; SYSAK, R. W.; SCHILDER, A. C. Post-plant strategies for management of black root rot-related decline of perennial strawberry fields. **Crop protection**, n. 104, p. 78-85, 2018.

MOHAMMAD, A. M.; HAN, X.; ZHANG, Z.; XI, Y.; BOORBOORI, M.; WANG-PRUSKI, G. Phosphite Application Alleviates *Pythophthora infestans* by Modulation of Photosynthetic and Physio-Biochemical Metabolites in Potato Leaves. **Pathogens**, v. 9, n. 3, 2020.

MOLITOR, D.; BEHR, M.; HOFFMANN, L.; EVERS, D. Impact of grape cluster division on cluster morphology and bunch rot epidemic. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 63, n. 4, p. 508-514, 2012.

MORENO-ARRIBAS, M. V.; POLO, M. C. **Wine Chemistry and Biochemistry**. Springer Science, New York, USA, 2009. 715p.

MUANGMAN, P.; NITIMONTON, S.; ARAMWIT, P. Comparative Clinical Study of Bactigras and Telfa AMD for Skin Graft Donor-Site Dressing, **International journal of molecular sciences**, v. 12, p.5031–5038, 2011.

MULERO, J.; MARTÍNEZ, G.; OLIVA, J.; CERMEÑO, S.; CAYUELA, J. M.; ZAFRILLA, P.; MARTÍNEZ-CACHÁ, A.; BARBA, A. Phenolic compounds and antioxidant activity of red wine made from grapes treated with different fungicides. **Food Chemistry**, v. 1, p. 25-31, 2015.

MULUGETA, T.; ABREHA, K.; TEKIE, H.; MULATU, B.; YESUF, M.; ANDREASSON, E.; LILJEROTH, E.; ALEXANDERSSON, E. Phosphite protects against potato and tomato late blight in tropical climates and has varying toxicity depending on the *Phytophthora infestans* isolate. **Crop Protection**, v. 121, p. 139-146, 2019.

NOGUEIRA, E. M. C. FERRARI, J. T.; TOFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Doenças fúngicas da videira: sintomas e manejo. **Documento técnico**, v.32, 2017, 21p.

NOGUEROL-PATO, R.; FERNÁNDEZ-CRUZ, T.; SIEIRO-SAMPEDRO, T.; GONZÁLEZ-BARREIRO, C.; CANCHO-GRANDE, B.; CILLA-GARCÍA, D. A.; GARCÍA-PASTOR, N.; MARTÍNEZ-SORIA, M. T.; SANZ-ASENSIO, J.; SIMAL-GÁNDARA, J. Dissipation of fungicides residues along winemaking: and their effects on fermentation and the volatile composition of wines, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p. 1344-1354, 2016.

NOJOSA, G. B. A. **Efeito de indutores na resistência de Coffea arabica L. à Hemileia vastatrix BERK & BR. e Phoma costarricensis ECHANDI 2003**. 102 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

O'MALLEY, L.P.; COLLINS, A. N; WHITE, G. F. Biodegradability of end-groups of the biocide polyhexamethylene biguanide (PHMB) assessed using model compounds. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 33, p. 677–684, 2006.

OIV. International organization of Vine and Wine. **Compendium Of International Methods of Wines and Musts Analysis**, v. 1-2, Paris, 2019.

OIV. International organization of Vine and Wine. **International Code of enological Practices**, Paris, 2019.

OKA, Y.; TKACHI, N.; MOR, M. Phosphite inhibits development of the nematodes *Heterodera avenae* and *Meloidogyne marylandi* in cereals. **Phytopathology**, v. 97, p. 396 – 404, 2007.

OLIVA, J.; MARTINEZ-GIL, A. M.; CÁMARA, M. A.; SALINAS, M. R.; BARBA, A.; GARDE-CERDÁN, T. Influence of the use of fungicides on the volatile composition of Monastrell red wines obtained from inoculated fermentation. **Food Chemistry**, v.170, n. 1, p. 401 – 406, 2015.

OLIVA, J.; MULERO, J.; PAYÁ, P.; CÁMARA, M. A.; BARBA, Influence of several fungicides on the antioxidant activity of red wines (var. Monastrell). **Journal of Environmental Science and Health, Part B - Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 44, n. 6, p. 546-552, 2009.

ORTEGA-REGULES, A., ROS-GARCÍA, J. M., BAUTISTA-ORTÍN, A. B., LÓPEZ-ROCA, J. M., GÓMEZ-PLAZA, E. Changes in skin cell wall composition during the maturation of four premium wine grape varieties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 428, p. 420–428, 2008.

OYARBURO, N. S.; MACHINANDIARENA, M. F.; FELDMAN, M. L.; DALEO, G. R.; ANDREU, A. B.; OLIVIERI, F. P. Potassium phosphite increases tolerance to UV-B in potato **Plant Physiol. Biochem.**, v. 88, p. 1-8, 2015.

PANCERI, C.P.; GOMES, T.M.; DE GOES, J.S.; BORGES, D.L.G.; BORDIGNON-LUIZ, M.T. Effect of dehydration process on mineral content, phenolic compounds and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon and Merlot grapes. **Food Research International**, v. 54, p. 1343-1350, 2013.

PATHAN, M.; PATEL, N.; YAGNIK, H.; SHAH, M. Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 4, p. 81-95, 2020.

PEDROTTI, C.; RIBEIRO, R. T. S.; SCHWAMBACH, J. Control of postharvest fungal rots in grapes through the use of *Baccharis trimera* and *Baccharis dracunculifolia* essential oils. **Crop protection**, v. 125, 104912, 2019.

PEREIRA, F. P.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO-JUNIOR, P. M.; REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; VITORINO, L. R. R. Fosfíto de potássio no controle do míldio da videira e características físico-químicas de uvas Merlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 11, p. 1581-1588, 2012.

PERLATTI, B.; FORIM, M. R.; ZUIN, V. G. Green chemistry, sustainable agriculture and processing systems. **Chemical and Biological Technologies for Agriculture**, v. 1, p. 5-14, 2014.

PERUTKA, Z.; MILOSLAV ŠUFEISL, M. V.; STRNAD, M.V.; ŠEBELA, M. High-proline proteins in experimental hazy white wine produced from partially botrytized grapes. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 66, p. 1-14, 2019.

PEZET, R.; VIRET, O.; PERRET, C.; TABACCHI, R. Latency of *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. and biochemical studies during growth and ripening of two grape berry cultivars, respectively 155 susceptible and resistant to grey mould. **Journal of Phytopathology**, v. 151, p. 208–214, 2003.

PINAR, A. L.; RAUHUT, D.; RUEHL, E.; BUETTNER, A. Effects of *Botrytis cinerea* and *Erysiphe necator* fungi on the aroma character of grape must: A comparative approach. **Food Chemistry**, v.207, p.251-260, 2016.

- PINTO, F.; MAILLARD, J. Y.; DENYER, S. P.; MCGEECHAN. Polyhexamethylene biguanide exposure leads to viral aggregation. **Journal of applied microbiology**, v.108, n.6, 2010.
- PINTO; K. M. S.; NASCIMENTO, L. C.; OLIVEIRA, A. K.; LEITE, R. P.; SILVA, J. P. Resistência induzida em frutos de videira 'Isabel' (*Vitis labrusca*) e seus efeitos sobre a qualidade pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 210-217, 2013.
- PIROZZI, A. V. A.; STELLAVATO, A.; GATTA, A.; LAMBERTI, M.; SCHIRALDI, C. Mancozeb, a fungicide routinely used in agriculture, worsens nonalcoholic fatty liver disease in the human HepG2 cell model. **Toxicology Letters**, v. 249, p. 1-4, 2016.
- PORTU, J.; LÓPEZ, R.; BAROJA, E.; SANTAMARIA, P.; GARDE-CERDAN, T. Improvement of grape and wine phenolic content by foliar application to grapevine of three different elicitors: Methyl jasmonate, chitosan, and yeast extract. **Food Chemistry**, v. 201, p. 213-221, 2016.
- PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, U. A.; MELLO, L. M. R. Vitivinicultura brasileira: regiões tradicionais e pólos emergentes. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.27, n.234, p.7-15. 2006.
- RAMALLO, A. C.; CERIONI, L.; OLMEDO, G. M.; VOLENTINI, S. I.; RAMALLO, J.; RAPISARDA, V. A. Control of *Phytophthora* brown rot of lemons by pre- and postharvest applications of potassium phosphite. **European Journal of Plant Pathology**, v. 154, p. 975–982, 2019.
- RODRIGUES, M. L. M.; SOUZA, S. G. R.; MIZOBUTSI, E. H.; PINHEIRO, J. M. S.; MONÇÃO, F. P.; MIZOBUTSI, G. P. Anthracnose control of 'Prata-Ana' banana with pre-harvest phosphite application. **Plant protection**, v. 42, n. 3, 2020.
- RAMEZANI, M.; RAMEZANI, F.; RAHMANI, F.; DEHESTANI, A. Exogenous potassium phosphite application improved PR-protein expression and associated physio-biochemical events in cucumber challenged by *Pseudoperonospora cubensis*. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 335-343, 2018.
- RAMÍREZ-GIL, J. G.; CASTAÑEDA-SÁNCHEZ, D. A.; MORALES-OSORIO, J. G. Production of avocado trees infected with *Phytophthora cinnamomi* under different management regimes. **Plant Pathology**, v. 66, n. 4 p. 623-632, 2016.
- RAVEN, P. H.; EICHHORN, S. E.; EVERT, R. F. **Biology of Plants**. 8. Ed. New York: W. H. Freeman, 2012, 880p.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying na improved Abts radical. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 98, p. 1231-1237, 1999.
- REBONG, R.; SANTAELLA, R. M.; GOLDHAGEN, B. E.; MAJKA, C. P.; PERFECT, J. R.; STEINBACH, W. J.; & AFSHARI, N. A. Polyhexamethylene biguanide and calcineurin inhibitors as novel antifungal treatments for *Aspergillus keratitis*. **Investigative ophthalmology & visual science**, v. 52, n. 10, p. 7309–15, 2011.

- RESENDE, M. L. V., COSTA, J. C. B., CAVALCANTI, F. R., RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; CAMILO, F. R. Seleção de extratos vegetais para indução de resistência e ativação de respostas de defesa em cacauero contra a vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 213–221, 2007.
- REUVENI, M. Post-Infection Applications of K₃PO₃, Phosphorous Acid and Dimethomorph Inhibit Development of Downy Mildew Caused by *Plasmopara viticola* on Grapevines. **Journal of Small Fruit & Viticulture**, v. 5, n. 2, p. 27-38, 1997.
- REVILLA, E.; GARCÍA-BENEYTEZ, E.; CABELLO, F.; MARTÍN-ORTEGA, G.; RYAN, J. M. Value of high-performance liquid chromatographic analysis of anthocyanins in the differentiation of red grape cultivars and red wines made from them. **Journal of Chromatography A**, v. 915, p. 53-60, 2001.
- RIBEIRO-JÚNIOR, P. M.; RESENDE, M. L. V.; PEREIRA, R. B.; CAVALCANTI, F. R.; AMARAL, D. R.; PADUA, M. A. fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb., em mudas de cacauero (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p. 629-636, 2006.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBORDIEU D.; DONÈCHE B.; LONVAUD, A. **Handbook of Enology: The chemistry of wine, stabilization and treatments**. Wiley & Sons, West Sussex, UK, v. 2, 2006a, 451p.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Handbook of Enology: The Microbiology of Wine and Vinifications**. Wiley & Sons, West Sussex, UK, v. 1, 2006b, 497p.
- RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 192-198, 2002.
- ROBREDO, L.M.; JUNQUEIRA, B.; GONZALEZ-SANJOSÉ, M. L.; BARRON, L. J. R. Biochemical events during ripening of grapes berries. **Italian Journal of Food Science**, v. 3, p. 173-180, 1991.
- RODRIGO, R.; MIRANDA, A.; VERGARA, L. Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. **Clinica Chimica Acta**, v. 412, p. 410-424, 2011.
- ROLLE, L.; GUIDONI, S. Color and anthocyanin evaluation of red winegrapes by cie l*, a*, b* parameters. **J. Int. Sci. Vigne Vin**, v. 41, n. 4, p. 193-201, 2007.
- ROLLE, L.; SIRET, R.; SEGADE, S. R.; MAURY, C.; GERBI, V.; JOURJON, F. Instrumental Texture Analysis Parameters as Markers of Table-Grape and Winegrape Quality: A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 63, n.1, p. 11-28, 2012.
- ROSIER, J. P.; BRIGUENTI, E; SCHUCK, E.; BONIN, V. Comportamento da variedade Cabernet Sauvignon cultivada em vinhedos de altitude em São Joaquim – SC. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, 2004. **Anais eletrônicos**, Florianópolis, 2004.

- ROSIN, M.; WELK, A.; BERHARDT, O.; RUHNAU, M.; PITTEN, F. A.; KRAMER, A. The effect of a polyhexamethylene biguanide mouthrinse compared to an essential oil rinse and a chlorhexidine rinse on bacterial counts a 4-day plaque regrowth. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 28, p. 1121-1126, 2001.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.
- SALVI, L.; BRUETTI, C.; CATALDO, E.; NICCOLAI, A.; CENTRITTO, M.; FERRINI, F.; MATTII, G. B. Effects of *Ascophyllum nodosum* extract on *Vitis vinifera*: Consequences on plant physiology, grape quality and secondary metabolism. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, p. 21-32, 2019.
- SAMOTICHA, J.; WOJDYŁO, A.; GOLIS, T. Phenolic composition, physicochemical properties and antioxidant activity of interspecific hybrids of grapes growing in Poland. **Food Chemistry**, v. 215, p. 263 – 273, 2017.
- SANABRIA, K.; PÉREZ, W.; ANDRADE-PIEDRA, J. L. Effectiveness of resistance inducers for potato late blight management in Peru. **Crop Protection**, v. 137, 105241, 2020.
- SANTOS, P. D.; FERNANDES, P. H. S. Utilização de Cloridrato de Polihexametileno Biguanida (PHMB) na desinfecção de indústrias cervejeiras. **Teccen**, v. 3, n. 1, 2010.
- SANTOS, S. L.; CAMPOS, T.; DALLACOSTA, N. L.; MAZARO, S. M. Potencial de produtos à base de fosfitos no controle de *Pythium* sp. em condições *in vitro*. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p. 105-110, 2018.
- SCHNEIDER, R.; RAZUNGLES, A.; CHARRIER, F.; BAUMES, R. Effect du site, de la maturité et de l'éclaircissement des grappes sur la composition aromatique des baies de *Vitis vinifera* L. Cv. Melon B. Dans le vignoble du muscadet. **Bulletin de l'OIV**, p. 270- 282, 2002.
- SCHROETTER, S.; ANGELES-WEDLER, D.; KREUZIG, R.; SCHNUG, E. Effects of phosphite on phosphorus supply and growth of corn (*Zea mays*). **Landbauforschung Volkenrodxe, Facul. Agric. Res.**, v. 56, p. 87-99, 2006.
- SILVA, H. F.; PINTO, K. M. S.; NASCIMENTO, L. C.; SILVA, E. C.; SOUZA, W. C. O. Evaluation of the use of biotic and abiotic resistance elicitors against anthracnose in grapevine (*Vitis labrusca* L.). **Summa Phytopathol**, v. 45, n. 1, p. 70-75, 2019.
- SILVA, J. A. G.; RESENDE, M. L. V.; MONTEIRO, A. C. A.; PÁDUA, M. A.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; MEDEIROS, F. L.; MARTINS, S. A.; BOTELHO, D. M. S. Resistance inducers applied alone or in association with fungicide for the management of leaf rust and brown eye spot of coffee under field conditions. **Journal of Phytopathology**, v. 167, n. 7-8, p. 430-439, 2019.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

- SIVILOTTI, P.; HERRERA, J. C.; LISJAK, K.; BAŠA-ČESNIK, H.; SABBATINI, P.; PETERLUNGER, E.; CASTELLARIN, S. D. Impact of leaf removal, applied before and after flowering, on anthocyanin, tannin, and methoxypyrazine concentrations in 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) grapes and wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p.4487-4496, 2016.
- ROCHA-SOBRINHO, G. G.; RODRIGUES, G. B.; SANTOS, A.; JESUS-JUNIOR, W. C.; NOVAES, Q. S. Efeito de fosfito de potássio no crescimento e na densidade micelial do *Fusarium solani* do maracujazeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p.180-182, 2016.
- SONEGO, O. R.; GARRIDO, L. R. Avaliação da eficácia de algumas marcas comerciais de fosfito de potássio e de fosfanato de potássio no controle do míldio da videira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica**, v. 60, 2005, 13p.
- SÔNAGO, O. R.; GARRIDO, L. R.; GRIGOLETTI- JÚNIOR, A. Principais doenças fúngicas da videira no Sul do Brasil. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. **Circular Técnica**, v. 56, 2005, 32p.
- STANGARLIN, J.R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M.V.; PORTZ, R. L.; SCHWANESTRADA, K.R.F.; PASCHOLATI, S.F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, p.18-46, 2011.
- STEEL, C. C.; BLACKMAN, J. W.; SCHMIDTKE, L. M. Grapevine bunch rots: Impacts on wine composition, quality, and potential procedures for the removal of wine faults. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 61, n. 22, p. 5189–5206, 2013.
- STUART, J. A.; ROBB, E. L. Bioactive Polyphenols from Wine Grapes. 1. ed. New York: Springer, 2013, 75p.
- SUH, J.; KIM, H.; SURH, Y.J. Resveratrol suppresses migration, invasion and stemness of human breast cancer cells by interfering with tumor-stromal cross-talk. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 643, p. 62–71, 2018.
- TALAMINI, V.; STADINIK, M.J. Extratos Vegetais e de Algas no Controle de Doenças de Plantas. **Manejo Ecológico de Doenças de Plantas**. Florianópolis, SC: CCA/UFSC, p.45-62, 2004.
- TAO, H.; BAO, Z.; JUI, C.; MIAO, W.; FU, Z.; JIN, Y. Toxic effects and mechanisms of three commonly used fungicides on the human colon adenocarcinoma cell line Caco-2. **Environmental Pollution**, v. 263, Part B, 2020.
- TELES, C.S.; BENEDETTI, B.C.; GUBLERB, W.D.; CRISOSTO, C.H. Prestorage application of high carbon dioxide combined with controlled atmosphere storage as a dual approach to control *Botrytis cinerea* in organic 'Flame Seedless' and 'Crimson Seedless' table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 89, p. 32–39, 2014.
- THAO, H. T. B.; YAMAKAWA, T. Phosphite (phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator? **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 55, n. 2, p. 228-234, 2009.

THAO, H. T. B.; YAMAKAWA, T.; MYINT, A. K.; SARR, P. S. Effects of phosphite, a reduced form of phosphate, on the growth and phosphorus nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.) **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 54, n. 5, p. 761-768, 2008.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. [S.l.]: Embrapa Uva e Vinho, 2003.

TRELA, B. C.; WATERHOUSE, A. L. Resveratrol: isomeric molar absorptivities and stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 1253-1257, 1996.

TYAGI, A.; AGARWAL, R.; AGARWAL, C. Grape seed extract inhibits EGF-induced and constitutively active mitogenic signaling but activates JNK in human prostate carcinoma DU145 cells: possible role in antiproliferation and apoptosis. **Oncogene**, v. 22, p. 1302-1316, 2003.

VAN LOON, L. C.; VAN STRIEN, E. A. The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 55, p. 85-97, 1999.

VARADARAJAN, D. K.; KARTHIKEYAN, A. S.; MATILDA, P. D.; RAGHOTHAMA, K. G. Phosphite, an analog of phosphate suppresses the coordinated expression of genes under phosphate starvation. **Plant Physiol.**, v. 129, p. 1232-1240, 2002.

VERGARA, D.; SIMEONE, P.; TORALDO, D.; DEL BOCCIO, P.; VERGARO, V.; LEPORATTI, S.; PIERAGOSTINO, D.; TINELLI, A.; DE DOMENICO, S.; ALBERTI, S.; URBANI, A.; SALZET, M.; SANTINO, A.; MAFFIA, M. Resveratrol downregulates Akt/GSK and ERK signalling pathways in OVCAR-3 ovarian cancer cells. **Molecular BioSystems**, v. 8, p. 1078-1087, 2012.

VILJAKAINEN, S.K.; LAAKSO, S.V. The use of malolactic *Oenococcus oeni* (ATCC 39401) for deacidification of media containing glucose, malic acid and citric acid. **European Food Research and Technology**, v. 211, p. 438-442, 2000.

VINAS, M.; MENDEZ, C.; JIMENEZ, M. Effect of foliar applications of phosphites on growth, nutritional status and defense responses in tomato plants. **Scientia Horticulturae**, v. 265, 2020.

WATANABE, K. A new fertilizer for foliar application, phosphite fertilizer. **Fertilizer**, v. 101, n. 1, p. 91-96, 2005.

WESSELS, S.; INGMER, H. Modes of action of three disinfectant active substances: A review. **Regulatory toxicology and Pharmacology**, v. 67, p. 456-467, 2013.

WILCOX, W.F. Management of grape diseases in the United States. *In*: 11º Seminário Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado. **Anais: Revista Agropecuária Catarinense**, v. 27, n. 2, 2014.

WU, L.; GAO, X.; XIA, F.; JOSHI, J.; BORZA, T.; WANG-PRUSKI, G. Biostimulant and fungicidal effects of phosphite assessed by GC-TOF-MS analysis of potato leaf metabolome. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 106, p. 49-56, 2019.

XI, Y.; HAN, X.; ZHANG, Z.; JOSHI, J.; BORZA, T.; AQA, M. M.; ZHANG, B.; YUAN, H.; WANG-PRUSKI, G. Exogenous phosphite application alleviates the adverse effects of heat stress and improves thermotolerance of potato (*Solanum tuberosum* L.) seedlings. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 190, 110048, 2020.

XIA, X. J.; HUANG, Y. Y.; WANG, L.; HUANG, L. F.; YU, Y. L.; ZHOU, Y. H.; YU, J. Q. Pesticides-induced depression of photosynthesis was alleviated by 24-epibrassinolide pretreatment in *Cucumis sativus* L. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 86, n. 1, p. 42-48, 2006.

XU, D.; QIAO, F.; XI, P.; LIN, Z.; JIANG, Z.; ROMANAZZI, G.; GAO, L. Efficacy of pterostilbene suppression of postharvest gray mold in table grapes and potential mechanisms. **Postharvest Biology and Technology**, v. 183, 111745, 2022.

YÁÑEZ-JUÁREZ, M. G.; LÓPEZ-ORONA, C. A.; AYALA-TAFOYA, F.; PARTIDARUVALCABA, L.; VELÁZQUEZ-ALCARAZ, T. J.; MEDINA-LÓPEZ, R. Phosphites as alternative for the management of phytopathological problems. **Rev. mex. Fitopatol**, v. 36, n. 1, p. 79-94, 2018.

YANG, L.; ZHANG, Y.; ZHU, M.; ZHANG, Q.; WANG, X.; WANG, Y.; LIU, F. Resveratrol attenuates myocardial ischemia/reperfusion injury through up-regulation of vascular endothelial growth factor B. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 101, p.1-9, 2016.

ZAHAVI, T.; COHEN, L.; WEISS, B.; SCHENA, L.; DAUS, A.; KAPLUNOV, T.; ZUTKHI, J.; BEM-ARIE, R.; DROBY, S. Biological control of Botrytis, Aspergillus and Rhizopus rots on table and wine grapes in Israel. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 2, p. 115- 124, 2000.

ZOCHE, R. G. S.; JACOBS, S. A.; SAMPAIO, N. V.; SOUZA, V. Q.; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; RIZZON, L. A.; ROMBALDI, C. V. Wines produced with 'Cabernet Sauvignon' grapes from the region of Bagé in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 52, n. 5, 2017.

ZOECKLEIN, B. W.; FUGELSANG, K. C.; GUMP, B. H.; NURY, F. S. **Wine Analysis and Production**. New York: Chapman & Hall, 1995, 1995, 621p.