

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RENATA CAROLINE ROSSONI GOBETTI

**SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE VIDEIRA E A RELAÇÃO COM O
ESTRESSE OXIDATIVO**

PATO BRANCO

2023

RENATA CAROLINE ROSSONI GOBETTI

**SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE VIDEIRA E A RELAÇÃO COM O
ESTRESSE OXIDATIVO**

Survival of grapevine grafts associated with oxidative stress

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área:
Produção Vegetal da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Idemir Citadin

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco



RENATA CAROLINE ROSSONI GOBETTI

SOBREVIVÊNCIA DE ENXERTOS DE VIDEIRA E A RELAÇÃO COM O ESTRESSE OXIDATIVO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 27 de Julho de 2023

Dr. Idemir Citadin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Andre Luiz Kulkamp De Souza, Doutorado - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)

Dr. Gilmar Antonio Nava, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 27/07/2023.

Dedico este trabalho aos meus pais, por nunca me deixarem desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Fátima e Leonel, e meu namorado, Felipe, por me encorajar e não me deixar desistir. Agradeço também por abrirem mão de muitos finais de semana para me ajudar durante as avaliações. Vocês são a razão disso tudo, obrigada!

Agradeço a Deus por ser meu refúgio em muitos momentos, pois nada do que Ele me dá é oferecido sem o propósito do bem.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Idemir Citadin, por todo conhecimento compartilhado, pela compreensão em todos os momentos e principalmente pela paciência e entendimento de todos os contratempos.

Agradeço, de todo meu coração, aos meus colegas do grupo de pesquisa de Fruticultura por todo auxílio na execução e desenvolvimento do estudo, vocês foram essenciais para conclusão do mesmo. Agradeço em especial ao Rafael Pertille e Adriano Suchoronczek pela ajuda incansável e por todo esforço para fazer dar certo.

Agradeço ao PPGAG pelo planejamento do programa, pela oportunidade de ter participado e pela instrução de tantos pesquisadores.

Agradeço a Embrapa Estação Experimental de Canoinhas/SC por disponibilizar o material vegetal para realização do estudo.

Agradeço a instituição e servidores que deram suporte pela manutenção e organização da nossa instituição.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

O importante na ciência não é obter novos dados,
mas descobrir novas maneiras de pensar sobre
eles (BRAGG, 1915).

RESUMO

A compatibilidade entre copa e porta-enxerto é um dos fatores que influencia diretamente no sucesso da enxertia e pode variar muito entre as videiras e seus clones. O objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de sobrevivência e a qualidade de mudas de videira de diferentes combinações de copas e porta-enxertos (PE) e a relação com o estresse oxidativo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 4 repetições e 15 unidades experimentais (enxertos), em esquema bifatorial de 4 x 5, sendo o fator A constituído por 4 diferentes PE ('IAC 572 Jales', 'IAC 766 Campinas', 'Paulsen 1103' e 'Freedom') e o fator B por 5 diferentes cultivares-copa ('BRS Carmem', 'BRS Magna', 'Bordô', 'Isabel Precoce' e 'Concord Clone 30'). Aos 90 dias foi avaliada a porcentagem de sobrevivência, número de folhas, área foliar, número de raízes, comprimento da parte aérea, comprimento da maior raiz, massa fresca e seca de folhas, raízes e hastes. A avaliação do estresse oxidativo foi realizada em duas combinações com alta sobrevivência e em duas combinações com baixa sobrevivência, em três momentos distintos: aos 0, 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem, sendo quantificada a atividade de peroxidase (POX) e superóxido dismutase (SOD) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e de malodialdeído (MDA). A combinação Copa/PE que estabeleceu o melhor desenvolvimento inicial de mudas de videira foi entre 'IAC 572 Jales' e 'BRS Carmem'. 'IAC 572 Jales' também induziu bom desenvolvimento inicial de plantas com as copas 'BRS Magna' e 'Concord Clone 30'. O PE 'Freedom' induziu bom desenvolvimento inicial para a cultivar 'BRS Bordo'. 'Paulsen 1103' e 'IAC 766 Campinas' foram os PE que induziram menor desenvolvimento inicial de mudas. 'Paulsen 1103' apresentou baixa compatibilidade com 'Isabel Precoce', contudo esta cultivar-copa expressou desenvolvimento reduzido de modo geral. As duas combinações com altas taxas de sobrevivência apresentaram maiores níveis de SOD e MDA e menores níveis de POX e H_2O_2 . Desta maneira, concluiu-se que os porta-enxertos que promoveram a melhor taxa de sobrevivência e desenvolvimento inicial das mudas foram o 'IAC Jales', 'Paulsen 1103' e o 'Freedom'. Maiores níveis de SOD e MDA e menores níveis de POX e H_2O_2 estão correlacionadas com as maiores taxas de sobrevivências dos enxertos.

Palavras-chave: Compatibilidade. Porta-enxerto. Espécies reativas de oxigênio (EROs).

ABSTRACT

Compatibility between rootstock and scion is one of the factors that directly influence the success of grafting and can vary significantly among grapevines and their clones. The aim of this study was to evaluate the survival rate and quality of grapevine seedlings from different combinations of scions and rootstocks, and their relationship with oxidative stress. The experimental design was a randomized complete block with 4 replications and 15 experimental units (grafts), in a 4 x 5 factorial arrangement. Factor A consisted of 4 different rootstocks ('IAC 572 Jales', 'IAC 766 Campinas', 'Paulsen 1103', and 'Freedom'), and factor B consisted of 5 different scion cultivars ('BRS Carmem', 'BRS Magna', 'Bordô', 'Isabel Precoce', and 'Concord Clone 30'). At 90 days, the following parameters were evaluated: survival percentage, number of leaves, leaf area, number of roots, shoot length, longest root length, fresh and dry mass of leaves, roots, and stems. The evaluation of oxidative stress was performed on two combinations with high survival rate and two combinations with low survival rate at 0, 10, and 20 days after removal from the forcing chamber. Peroxidase (POX) and superoxide dismutase (SOD) activities, as well as hydrogen peroxide (H₂O₂) and malondialdehyde (MDA) concentrations, were quantified. The scion/rootstock combination that resulted in the best initial development of grapevine seedlings was 'IAC 572 Jales' with 'BRS Carmem'. 'IAC 572 Jales' also promoted good initial development with 'BRS Magna' and 'Concord Clone 30' as scions. The rootstock 'Freedom' induced good initial development in the 'BRS Bordo' cultivar. 'Paulsen 1103' and 'IAC 766 Campinas' were the rootstocks that resulted in the lowest initial development of seedlings. 'Paulsen 1103' showed low compatibility with 'Isabel Precoce', although this scion cultivar exhibited reduced overall development. The two combinations with high survival rate showed higher levels of SOD and MDA, and lower levels of POX and H₂O₂. Therefore, it was concluded that the rootstocks that promoted the highest survival rate and initial development of seedlings were 'IAC Jales', 'Paulsen 1103' and 'Freedom'. Higher levels of SOD and MDA, and lower levels of POX and H₂O₂ are correlated with higher graft survival rates.

Keywords: Compatibility. Rootstock. Reactive oxygen species (ROS)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas do processo de enxertia do tipo garfagem de topo. A – Corte PE; B – Corte cultivar-copa; C – Encaixe do PE e cultivar-copa; D – Amarração com fita; E – Enxertos cobertos com cera de enxertia; F – Enxertos envolvidos com jornal; G – Enxertos em câmara de ventilação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2023.	30
Figura 2 – Formação de calo aos 30 dias após enxertia nas combinações de copa e porta enxerto de videira. A - IAC 572/BRS Carmem; B – IAC 572/BRS Magna; C – IAC 572/Concord Clone 30; D – Freedom/BRS Carmem; E – Freedom/BRS Magna; F – Freedom/Concord Clone. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos (TRAT) para o experimento de combinação entre porta-enxerto (PE) e cultivar-copa de videira. UTFPR, Campus Pato Branco, 2023.	31
Tabela 2 – Tratamentos utilizados nas análises bioquímicas. UTFPR Campus Pato Branco PR, 2023.	32
Tabela 3 – Concentrações para curva de calibração método Bradford. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	34
Tabela 4. Concentrações para curva de calibração de H ₂ O ₂ . UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	35
Tabela 5 – Soma de quadrado da análise de variância da porcentagem de sobrevivência (SB), número de folhas (NF), número de raízes (NR), comprimento de parte aérea (CP), comprimento de raiz (CR), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSP) e massa seca de raiz (MSR) das diferentes combinações entre copa e porta-enxerto de videira. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	37
Tabela 6 – Sobrevivência (%) aos 90 dias após a enxertia das diferentes combinações de copa e porta-enxerto. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	37
Tabela 7 – Número de folhas por planta aos 90 dias após o enxerto nas diferentes combinações de copa e porta-enxerto. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	39
Tabela 8 – Efeito do porta-enxerto sob as variáveis de número de raízes (NR), comprimento de parte aérea (CP), comprimento de raiz (CR), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSP) e raiz (MSR) aos 90 dias após enxertia. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	41
Tabela 9 – Efeito da cultivar-copa sob as variáveis de comprimento de parte aérea (CP), comprimento de raiz (CR), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSP) e raiz (MSR) aos 90 dias após a enxertia. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	42
Tabela 10 – Correlação de Pearson das análises bioquímicas nas diferentes regiões do enxerto (porta-enxerto, união e copa) em combinações de enxertos de videira com alta e baixa sobrevivência avaliados aos 0, 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	44
Tabela 11 – Soma de quadrado da análise de variância das análises bioquímicas Peroxidase (POD), Superóxido dismutase (SOD), Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) e Malondialdeído (MDA) em diferentes regiões do enxerto de videira com alto e baixo vigor aos 0, 10 e 20 dias após saída de câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	44
Tabela 12 – Superóxido dismutase (SOD - U/mg prot.) na região do porta-enxerto de videira com alta (A) e baixa (B) taxa de sobrevivência, aos 0 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	45
Tabela 13 – Peroxidase (POX) na região do porta-enxerto de videira com alta (A) e baixa (B) taxa sobrevivência aos 0 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.	46
Tabela 14 – Peróxido de Hidrogênio (H ₂ O ₂) na região da copa de videira com alta (A) e baixa (B) taxa de sobrevivência, aos 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR, Campus Pato Branco, 2023.	47

Tabela 15 – Malonaldeído (MDA) na região da enxertia em videira com alta (A) e baixa (B) taxa de sobrevivência, avaliada aos 0 e 10 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 202348

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Geral.....	14
1.1.2	Específicos	15
2	DESENVOLVIMENTO	16
2.1	Viticultura mundial, brasileira e regional	16
2.2	Técnica de enxertia de mesa em videira	17
2.3	Cultivares de videira	20
2.3.1	‘Bordô’	20
2.3.2	BRS Carmem	21
2.3.3	‘BRS Magna’	21
2.3.4	‘Concord Clone 30’	22
2.3.5	‘Isabel Precoce’	22
2.4	Importância e características dos porta-enxertos	23
2.4.1	‘IAC 572 Jales’	24
2.4.2	‘IAC 766 Campinas’	25
2.4.3	‘Paulsen 1103’	25
2.4.4	‘Freedom’	26
2.5	Tolerância das cultivares de videira ao estresse oxidativo	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Coleta e preparo do material vegetal	29
3.2	Enxertia das cultivares-copa e porta-enxerto	29
3.3	Delineamento experimental e tratamentos	31
3.4	Análises de desenvolvimento	31
3.5	Análises bioquímicas	32
3.6	Superóxido Dismutase (SOD)	33
3.7	Atividade de Peroxidase (POX)	34
3.8	Proteínas Totais	34
3.9	Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂)	35
3.10	Peroxidação lipídica quantificada por Malondialdeído (MDA)	35
3.11	Análises de dados	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Parâmetros de Desenvolvimento	37

4.2	Parâmetros Bioquímicos	43
5	CONCLUSÃO	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERENCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

Introduzida no Brasil em 1532 por Martin Afonso de Souza, o cultivo da videira tornou-se importante comercialmente somente a partir da metade do século XIX e era baseada no cultivo de variedades americanas. Nos últimos anos a viticultura brasileira se destacou e atualmente é uma atividade com grande importância principalmente para a sustentabilidade das pequenas propriedades, gerando renda e empregos.

A videira é cultivada em diversos estados brasileiros, porém mais de 70 % da área cultivada está localizada na Região Sul do país, responsável por 60 % da produção nacional (IBGE, 2021). Embora apresente diferentes características, como tratamentos culturais, cultivares utilizadas, ciclos, época de colheita, dependendo do lugar onde é cultivada pode ser direcionada para uva para consumo *in natura* ou para processamento, na elaboração de vinhos e sucos.

No Paraná o cultivo da videira está concentrado em propriedades de agricultura familiar sendo ótima opção para a diversificação de cultivos e renda (SATO et al, 2021), e a maior parte da produção é destinada para o consumo *in natura*. Entretanto alguns problemas dificultam a expansão do seu cultivo, como a falta de assistência técnica e de informação que chega até o produtor sobre como conduzir seu parreiral. Considerando estes problemas, um fator determinante para o sucesso do cultivo da videira é a escolha da técnica que será utilizada para a propagação bem como os materiais vegetativos que serão utilizados.

A enxertia tornou-se obrigatória, principalmente para as variedades de videira da espécie *Vitis vinifera*, em função da devastação inicial dos vinhedos europeus pelo ataque da filoxera, uma cochonilha sugadora de raízes. Em função disso, a enxertia se consolidou rápido em todos os países produtores e o aperfeiçoamento da técnica com a estratificação dos enxertos em câmara de forçagem, assegura os produtores o sucesso da formação das mudas.

A escolha das cultivares e porta-enxertos é outro fator que pode interferir no sucesso da enxertia, visto que, deve existir compatibilidade entre os materiais e a escolha dos genótipos é uma das primeiras decisões que precisam ser tomadas. Portanto a cultivar-copa deve apresentar além de boa sanidade, boa resistência a pragas e doenças, adaptação ao clima onde será cultivada e boas características relacionadas a qualidade do fruto.

O porta-enxerto, por sua vez, além da indispensável resistência a filoxera, pode apresentar resistência a nematoides e fungos de solo, que tenham boa adaptação ao clima e também ao solo, além do alto enraizamento e boa sanidade (PAULETTO, et al., 2011). Desta maneira, deve-se conhecer as características dos porta-enxertos, que sejam adequados para cada cultivar-copa, bem como, para cada região e aos sistemas de manejo que será conduzido, afim de melhorar o desenvolvimento das plantas e atingir uma boa produção (LEÃO e RODRIGUES, 2015; NARDELO et al., 2023).

O processo de enxertia expõe a planta a diversos tipos de estresses, devido as diferentes etapas do processo e a adaptação do metabolismo para formar uma nova muda. Nestas condições é inevitável a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs). O aumento das EROs provoca nas plantas estresse oxidativo que, por sua vez, é um distúrbio que ocorre devido ao desequilíbrio na homeostase redox celular (DAS & ROYCHOWDHURY et al., 2014). Com a formação de EROs, o metabolismo da planta ativa os mecanismos enzimáticos de defesa antioxidante, que incluem a atividade das enzimas Peroxidases (POX) e Superóxido Dismutase (SOD) e também mecanismos não-enzimáticos, como a peroxidação de lipídeos (SILVA, 2022).

A quantificação de enzimas antioxidantes pode ser um indicativo de compatibilidade ou incompatibilidade entre os genótipos usados na enxertia (CANAS et al., 2014). Na literatura, problemas de incompatibilidade são menores quando a relação da atividade enzimática é similar entre copa e porta-enxerto (KOHATSU et al., 2013).

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Avaliar a taxa de sobrevivência e a qualidade de mudas de videira de diferentes combinações de copas e porta-enxertos e a relação com o estresse oxidativo.

1.1.2 Específicos

Avaliar a sobrevivência das mudas nas diferentes combinações de cultivar-copa e porta-enxerto.

Avaliar o desenvolvimento inicial das mudas obtidas nas diferentes combinações de cultivar-copa e porta-enxerto.

Quantificar as enzimas peroxidase e superóxido dismutase, o conteúdo de peróxido de hidrogênio e a peroxidação lipídica em combinações de alta e baixa sobrevivência.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Viticultura mundial, brasileira e regional

A domesticação da videira está associada a descoberta da produção de vinhos e os registros mais antigos de cultivo são da região do Cáucaso, na Geórgia, tornando a uva uma das frutas mais antigas cultivada no mundo e também a mais produzida. Pertencente ao gênero *Vitis*, atualmente são conhecidas aproximadamente 60 espécies deste gênero em todo mundo, em diferentes continentes como Ásia, Europa e América (CAMARGO, MAIA e RITSCHER, 2015), contudo duas espécies predominam a *V. vinifera*, originária na Europa e conhecida como uva europeia ou uva fina e a *V. labrusca*, com origem na América do Norte e mais conhecida como uva de mesa.

Em nível mundial, em 2021 a área destinada ao cultivo de uva foi de aproximadamente 6,7 milhões de hectares, produzindo um pouco mais de 73 milhões de toneladas de uva (FAO, 2023). Em 2021, os maiores produtores mundiais da fruta foram: China, Itália e Espanha, que juntos totalizaram mais de 2,2 milhões de hectares plantados e 25 milhões de toneladas (FAO, 2023).

No Brasil a produção de uva em 2021 foi de aproximadamente 1,7 milhão de toneladas, em uma área de 75 mil hectares (IBGE, 2023). Os maiores estados produtores são o Rio Grande do Sul (951 mil toneladas), Pernambuco (420 mil toneladas) e São Paulo (168 mil toneladas), os quais contribuem também fortemente para a produção vinhos sucos e derivados (IBGE, 2023). A produção brasileira está concentrada na região Sul, sendo responsável pela maior parte de área cultivada (75%) e da produção nacional (60%), que corresponde respectivamente a 56.785 mil hectares e 1.056.985 mil toneladas (IBGE, 2023). Entretanto na última década tem-se observado o avanço da cultura para outras regiões do país, como no Nordeste, onde as videiras são cultivadas sob condições de irrigação (LEÃO, 2023).

O Paraná sempre teve uma cultura predominante para o cultivo de uva principalmente devido a imigração italiana para o estado, mas também o clima e outras condições que favorecem, em alguns locais, duas safras por ano de uva de mesa. Em 2021, ocupou o quinto lugar em produção nacional, com aproximadamente 46 mil toneladas em uma área de 3.5 mil hectares (IBGE, 2023).

A região Sudoeste do Paraná tem a viticultura como uma alternativa à diversificação da produção e renda, por este motivo o cultivo de uva na região é

voltado para a agricultura familiar (ZARTH et al., 2011) e durante muito tempo a atividade era voltada para a produção de uva de mesa, entretanto após algum tempo houve uma diversificação e uvas rústicas para industrialização começaram a ser produzidas (SATO e ROBERTO, 2005). Entretanto, ainda existem alguns obstáculos que impedem o desenvolvimento ainda maior da viticultura na região, entre eles, a falta de assistência técnica e a dificuldade de escolher os materiais adequados para a propagação (ZARTH, 2011), principalmente a escolha correta do porta-enxerto.

Em 2019, o IDR Paraná e pela Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento lançaram o Programa de Revitalização da Viticultura Paranaense (Revitis), que tem como objetivo a revitalização da viticultura no Estado do Paraná, a expansão da área de cultivo, a estruturação da rede de pesquisa para a vitivinicultura, a capacitação de técnicos e produtores, além do fortalecimento da agroindústria e dos polos vitícolas, do incentivo ao consumo e inserção da uva e seus derivados nos mercados institucionais.

2.2 Técnica de enxertia de mesa em videira

A introdução da filoxera na Europa no fim do século XIX devastou vinhedos nas principais regiões produtoras de uva, sendo o manejo dessa praga um dos maiores desafios já registrados no cultivo de videira. Desde então a técnica de enxertia tornou-se obrigatória, principalmente para a espécie *V. vinifera*.

O sucesso da técnica de enxertia envolve diferentes processos que são estabelecidos a partir da sobreposição do câmbio da copa e do porta-enxerto, seguido pela cicatrização dos tecidos pela formação de calo e por fim, ocorre a união da copa e porta-enxerto pela diferenciação do xilema e floema de ambas as partes (HARTMANN et al., 2011)

Além da resistência à filoxera, a técnica de enxertia pode proporcionar diversas vantagens em relação à muda de pé-franco, como promover maior tolerância a diferentes tipos de estresses bióticos ou abióticos, adaptação a diferentes tipos de clima e solo e obtenção de plantas mais produtivas e resistentes (SABIR, 2011), acelerar a produção de mudas e conseqüentemente permitir a precocidade produtiva, tornando o transplante a campo mais eficiente (HARTMANN et al., 2011).

Existem duas modalidades na técnica de enxertia da videira, a de campo e a de mesa. A enxertia de campo é realizada no local definitivo do vinhedo e ainda é muito utilizada por viticultores devido à facilidade, redução dos traumas ao sistema

radicular da planta e alta porcentagem de sobrevivência. Entretanto, essa modalidade de enxertia apresenta alguns impasses como a heterogeneidade das mudas no campo, período longo para formação do vinhedo de pelo menos dois anos, e a elevada necessidade de mão de obra (SOUZA, 1999) fatores que acabam tornando essa modalidade inviável do ponto de vista comercial e por tratar de fatores limitantes para a evolução da viticultura os principais países produtores abandonaram esta técnica.

A enxertia de mesa ganhou força na Europa a partir dos anos 60 levando os países europeus a praticamente excluir a enxertia de campo como técnica de propagação, visto que o primeiro método possibilita antecipação na obtenção de mudas, em um ano e a produção de mudas em maior escala (KUHN, REGLA e MAZZAROLO, 2007; REGINA, SOUZA e DIAS, 2012), permite também obtenção de mudas com genética conhecida e com garantia sanitária (CAMARGO, 1998), menor exposição a contaminações e melhor soldadura entre copa e porta-enxerto (VILLA, DALL'OGGIO e POTRICH, 2018) e, conseqüentemente há redução de mão de obra, uma vez que, o desenvolvimento da copa e porta-enxerto ocorrem simultaneamente (KUHN, REGLA e MAZZAROLO, 2007).

O processo de enxertia envolve basicamente três etapas conforme Regina, Souza e Dias (2012), as quais influenciam diretamente na sobrevivência dos enxertos: 1 - produção das estacas (garfos da variedade copa e estacas do porta-enxerto) que serão utilizadas como material de propagação da enxertia; 2 - a união entre copa e porta-enxerto, a partir da conservação e estratificação dos enxertos. Esta etapa caracteriza a enxertia de mesa com forçagem, visto que, os enxertos são submetidos a uma câmara de forçagem com umidade e temperatura controladas, a fim de acelerar o processo de cicatrização; 3 - transferência dos enxertos para ambiente protegido, onde as mudas irão se desenvolver até o momento de serem colocadas em local definitivo no vinhedo (REGINA, SOUZA e DIAS, 2012)

A técnica de forçagem dentro da enxertia de mesa já havia sido descrita em 1940 por um viticultor brasileiro, entretanto ficou popular nos países produtores alguns anos depois, quando ficou mais conhecida mundialmente e nos dias de hoje é uma técnica consolidada para a videira.

A forçagem é a fase mais importante do processo de enxertia, e consiste em submeter os enxertos a temperatura e umidade ideais e controladas a partir de uma câmara de forçagem, onde a cicatrização é acelerada, formando calos que são responsáveis pela união entre copa e porta-enxerto, acelerando também o

enraizamento (SANTOS e TREVISAN, 2021). A temperatura de estratificação e o tipo e época de enxertia, já foram testados por Maroli et al (2014), os quais observaram que a enxertia do tipo garfagem de topo realizada no mês de julho, com temperatura de estratificação de 19 °C, promoveram maior taxa de sobrevivência dos enxertos. Após a saída da câmara de forçagem os enxertos devem passar pela aclimação gradual de luminosidade, para que se desenvolvam com o menor nível de estresse possível, a fim de, melhorar sua brotação até serem transferidas para o local definitivo do vinhedo (MAROLI et al.,2014).

Para que a enxertia seja bem sucedida, alguns fatores devem ser considerados, como a compatibilidade entre copa e porta-enxerto, temperatura e umidade, época de realização, método de enxertia escolhido, consistência dos tecidos, porte e vigor, exigências de clima e solo de cada material, priorizar materiais livres de pragas e doenças, contato preciso e estável entre copa e porta-enxerto, idade do porta-enxerto, habilidade na realização da enxertia e uso de protetores ou ceras que reduzam a atividade respiratória durante o processo (FACHINELLO, NACHTIGAL e HOFFMANN, 2005; HARTMANN et al., 2011; MAROLI et al., 2014).

A compatibilidade entre copa e porta-enxerto possivelmente seja um dos fatores mais importantes na técnica da enxertia, visto que, se os materiais não forem compatíveis, não ocorre a união das partes e a muda pode ser perdida facilmente (PINA, ERREA e MARTENS, 2012). Portanto, os principais sintomas de incompatibilidade são o engrossamento da casca na região da enxertia, queda prematura das folhas, retardamento na brotação, copa e porta-enxerto com vigor diferente, redução do crescimento vegetativo, baixa produtividade e morte prematura da planta (HARTMANN, et al., 2011).

O tempo para determinar a compatibilidade de um enxerto pode variar bastante, para videira o tempo de 5 meses foi considerado suficiente por Bouquet (1980) para avaliar a compatibilidade. Grigolo et al. (2021) avaliaram a compatibilidade e o desenvolvimento inicial de mudas da 'BRS Magna' enxertadas sobre 17 porta-enxertos aos 141 dias após a enxertia, porém Tedesco et al. (2020) mostram que este período a cicatrização do enxerto ainda não está completo, podendo ocorrer morte após este período.

2.3 Cultivares de videira

Na cadeia de produção de uva, a principal e mais comum demanda está relacionada com o uso de cultivares resistentes a pragas e doenças, embora a adaptação a diferentes climas e a qualidade do fruto também seja importante, uma vez que, o aroma e sabor natural da uva após o processamento é um dos interesses do mercado consumidor (MAIA e RITSCHHEL et al., 2015).

A qualidade do fruto está relacionada ao atendimento das características exigidas para o processamento de produção de suco, sendo a adequada acidez, alto nível de açúcares, coloração intensa, sabor e aroma aframboesado (RIZZON e MENEGUZZO, 2007).

As cultivares do grupo americanas e seus híbridos são mais utilizadas para a produção de sucos no Sul Brasil, região onde a produção de sucos de uva está concentrada, visto que, em geral apresentam todas as características desejadas para a produção, além disso, também mantém as características quando o suco é aquecido para a pasteurização (RIZZON e MENEGUZZO, 2007). São inúmeras as cultivares americanas tradicionalmente utilizadas e com a maior área de cultivo estão a 'Bordô', a 'Concord' e a 'Isabel' (CAMARGO, MAIA e RITSCHHEL, 2015). Todavia com o intuito diversificar e aumentar o período de disponibilidade de frutos, outras opções de cultivares, com ciclos produtivos diferenciados, também estão disponíveis no mercado, como as cultivares 'BRS Magna' e BRS Carmem (CAMARGO, MAIA e RITSCHHEL, 2008; RITSCHHEL et al., 2012).

As características das principais cultivares com destino para elaboração de suco e que foram utilizadas neste trabalho, são descritas a seguir:

2.3.1 'Bordô'

Com origem nos Estados Unidos é uma das principais videiras da espécie *V. labrusca*, e sua principal característica é a rusticidade, portanto é resistente as principais doenças da videira (ROMBALDI, et al., 2004). No Brasil foi introduzida em 1904 e apesar da rusticidade, pode apresentar problemas quando cultivada em regiões tropicais e por isso seu cultivo é restrito a região Sul do país e Sul de Minas Gerais (CAMARGO, MAIA e RITSCHHEL, 2015).

Para a elaboração de suco destaca-se pela cor intensa, portanto é amplamente utilizada para melhoria dos produtos obtidos a partir das cultivares Isabel e Concord (RIZZON e MENEGUZZO, 2007)

2.3.2 BRS Carmem

Lançada em 2008 como resultado do cruzamento de BRS Rúbea x Muscar Belly A, é uma cultivar de ciclo longo portanto tem como principal objetivo a ampliação do período de processamento além da melhoria da qualidade do suco de uva (CAMARGO, MAIA e RITSCHHEL, 2008). Apresenta um bom desenvolvimento na região sul onde a colheita ocorre em início de março, com exceção da região Norte do Paraná onde a colheita é antecipada para meados de fevereiro. Apresenta resistência as principais pragas da videira como míldio, oídio e podridão cinzenta (EMBRAPA, 2015).

O suco proveniente da cultivar 'BRS Carmem' tem como característica o equilíbrio em acidez e açúcar e proporciona cor intensa ao produto, podendo ser consumido puro ou adicionado a outros sucos a fim de conferir cor, aroma e sabor e ainda, pode ser utilizado para fabricação de vinhos de mesa (CAMARGO, MAIA e RITSCHHEL, 2008).

2.3.3 'BRS Magna'

Resultado do cruzamento entre BRS Rúbea x IAC 1398-21 (Traviú), esta cultivar foi lançada em 2012 sendo sua principal característica seu potencial produtivo de 30 t.ha⁻¹. Entretanto também é recomendada para elaboração de sucos, a fim de melhorar cor, doçura, aroma e sabor devido a sua intensa coloração e outros atributos como compostos fenólicos e antioxidantes (FERREIRA et al., 2019).

Em relação a adaptação, apresenta extensa adaptação ao clima podendo ser cultivada em toda região Sul, na região Sudeste nos estados de SP, ES e MG, no Centro-Oeste em MT e GO e também na região Nordeste na BA e PE (RITSCHHEL et al., 2012). Apresenta ciclo intermediário e vigor moderado permite a condução de dois ciclos anuais quando em clima tropical, primeiramente com poda curta e o segundo com poda média (EMBRAPA, 2015). Além disso tem resistência mediana a requeima das folhas e as demais doenças como oídio, antracnose, ferrugem são facilmente

controladas com tratamentos convencionais (RITSCHEL et al., 2012). No entanto, no local deste experimento mostrou-se altamente suscetível ao míldio.

2.3.4 'Concord Clone 30'

'BRS CDCL 1' é o nome original da cultivar 'Concord Clone 30', nome como é conhecida comercialmente, foi lançada em 2000 e suas características de produção, comportamento e qualidade da uva são as mesmas da cultivar Concord de qual é originada, porém com ciclo precoce, cuja maturação é antecipada em cerca de duas semanas (EMBRAPA, 2015). Indicada para a produção de suco devido seu aroma (BORGES et al., 2014), visto que seu material de origem é referência neste mercado.

A adaptação desta cultivar é difícil em regiões tropicais e, portanto, é recomendada para ser produzida na região Sul e Sudeste e nas condições ideais apresenta elevado vigor, com produtividades médias registradas de 40 t.ha⁻¹, embora tenha fraco desenvolvimento das brotações laterais, esta característica pode facilitar a poda verde (EMBRAPA, 2015). Além disso, nas condições recomendadas, também apresentar resistência as principais doenças da videira.

2.3.5 'Isabel Precoce'

Cultivar lançada em 2004 sendo um clone precoce da cultivar tradicional Isabel, com características gerais semelhantes à de sua cultivar de origem, a diferença é apontada somente a partir da floração quando ocorre uma aceleração do desenvolvimento, e por isso a colheita é antecipada de 33 a 35 dias (EMBRAPA, 2015; CAMARGO, 2004). Desta maneira com a colheita antecipada há uma redução do ócio das indústrias, contribuindo assim para um maior período de disponibilidade de matéria-prima além da valorização da mesma (EMBRAPA, 2015), tal como ocorre com 'Concord clone 30'.

O ciclo precoce também possibilita a obtenção de duas colheitas no período de estiagem do clima tropical, entretanto pode ser cultivada em toda região Sul onde é recomendada tanto para elaboração de suco quanto de vinho. Seu cultivo também é recomendado para a região Sudeste, Centro-Oeste nos estados de MT e GO e também na região Nordeste em PE e BA (CAMARGO, 2004)

Assim como Isabel, esta cultivar apresenta resistência a antracnose e oídio, entretanto é relativamente suscetível ao míldio, requeima e ferrugem que podem ser

controlados a partir de tratamentos preventivos quando há condições que favorecem o desenvolvimento dessas doenças (CAMARGO, 2004).

2.4 Importância e características dos porta-enxertos

Desde que a filoxera foi identificada na Europa foi necessário que a técnica de propagação da videira fosse modificada, visto que, inicialmente a espécie era propagada por estaquia, passou então ser propagada por enxertia e o uso de porta-enxertos resistentes a filoxera passou a ser obrigatório para videira (PIRES e MARTINS, 2003).

Os porta-enxertos, além da resistência a filoxera, conferem as novas plantas outras vantagens, como a melhoria da resistência a outras pragas e doenças (MUROLO e ROMANAZZI, 2014), influenciam no crescimento, duração dos estádios fenológicos, produção e qualidade dos frutos (SOUZA et al., 2015; PAULETTO et al., 2011), podem alterar a dinâmica de absorção dos minerais do solo (KODUR et al., 2011) e também melhorar a tolerância a estresses bióticos e abióticos (HARTMANN et al., 2011; LEE et al., 2010). De modo geral, os porta-enxertos são responsáveis por agregar diversas características à cultivar-copa como vigor, produção, divisão dos fotoassimilados, teor de açúcar e acidez nos frutos (LEÃO, BRANDÃO e GONÇALVES, 2011).

Os porta-enxertos nos permitem alterar as características de crescimento da copa, prolongar a idade da planta, resistir a pragas, doenças e estresse ambiental, além do que seria possível apenas com a muda de pé franco (SZYMAJDA et al., 2020; XU et al. 2022).

Nas regiões produtoras de uva, uma das maiores preocupações está relacionada com a diversificação dos porta-enxertos que contenham as características adequadas para cada região e/ou adequadas a cultivar-copa enxertada (ROBERTO et al., 2004; NARDELLO et al., 2023). Do mesmo modo como existem diversas cultivares copa, a quantidade de porta-enxertos disponível ao viticultor não é diferente e, portanto, a escolha do melhor porta-enxerto depende de uma série de fatores como a adaptação ao clima e solo onde será cultivado, resistência a filoxera e nematoides, afinidade com a cultivar-copa, facilidade de enraizamento, além de boa sanidade (PAULETTO et al., 2011).

A recomendação de qual porta-enxerto deve ser utilizado normalmente é realizada considerando a compatibilidade com a cultivar-copa, resposta as condições

climáticas do local, eficiência de produção e vigor da planta (MOTA et al., 2009; VRŠIČ, PULKO e KOCSIS, 2016). Entretanto, ainda assim podem haver muitas variações, tornando a pesquisa para cada local de cultivo essencial para a avaliação do desenvolvimento e comportamento de cada porta-enxerto e cultivar-copa (LEÃO, BRANDÃO e GONÇALVES, 2011). A diversificação dos porta-enxertos também é importante, principalmente devido ao controle das doenças com maior ocorrência em cada região, sendo um fator que deve ser levado em consideração no momento da escolha do porta-enxerto.

Entre todas as opções de porta-enxertos disponíveis, os materiais do Instituto Agrônomo (IAC) são bastante prestigiados na viticultura nacional, principalmente o 'IAC 766 Campinas' e 'IAC 572 Jales', devido principalmente a compatibilidade com várias cultivares-copa e sua ampla adaptação (PIMENTEL JR, GOUVEIA e GIUGNI et al., 2020). O porta-enxerto mais utilizado, principalmente na região Sul é o 'Paulsen 1103', já 'Freedom' apesar de apresentar alta compatibilidade de modo geral, é utilizado com menor frequência.

2.4.1 'IAC 572 Jales'

Este material é resultado do cruzamento entre 101-14MGT (*V. riparia* x *V. rupestris*) x *V. caribaea*, sendo um dos principais porta-enxertos utilizados nas regiões tropicais e as estacas apresentam bons índices de enraizamento e sobrevivência na enxertia (LEÃO, 2021). Suas principais características são o alto enraizamento e apesar de alto vigor que proporciona a cultivar-copa, não induz brotação precoce (DALBÓ e FELDBERG, 2019).

Sobre sua adaptação é recomendado para toda a região Sul, Sudeste, Centro-Oeste e alguns estados do Nordeste (PE, CE e RN), além disso também se adapta a solos argilosos, arenosos e ácidos (NACHTIGAL, 2003).

Bastante utilizado no Submédio do Vale do São Francisco com cultivares sem sementes e para uvas de vinho e suco (LIMA et al., 2014; LEÃO e SOARES, 2009), assim como, quando combinado com a cultivar 'BRS Magna' apresenta boa produtividade (LIMA et al., 2014).

2.4.2 'IAC 766 Campinas'

Lançado em 1970, é originado do cruzamento entre Riparia do Traviú (*V. riparia-V.ruprestris* x *V. cordifolia*) x *V. caribaea*. Suas características gerais são o alto enraizamento e confere a copa um alto vigor, entretanto apresenta um vigor menor quando comparado ao 'IAC 572 Jales' (NACHTIGAL, 2003).

O 'IAC 766 Campinas' apresenta alta resistência a míldio, fusariose, filoxera e nematoides. Para antracnose a resistência é média. No que se refere a adaptação aos solos, pode ser cultivado em solos argilosos, arenosos e ácidos (NACHTIGAL, 2003).

Recomendado para toda região Sul, Sudeste e para, alguns estados do Nordeste (BA, PE, CE e RN) e também para MS, este porta-enxerto se difundiu nas regiões de clima tropical substituindo quase que totalmente os porta-enxertos utilizados que eram oriundos de clima temperado (CAMARGO, 1998) e nessas regiões onde ficou popular é muito utilizado para elaboração de vinhos e sucos visto que apresentou melhoria na qualidade dos produtos (VASCONCELOS, 2017). Em regiões que em geral apresentam temperaturas baixas este material entra em dormência durante o inverno, podendo dificultar a enxertia, devido ao desenvolvimento necessário da planta para obtenção do material (NACHTIGAL, 2003).

2.4.3 'Paulsen 1103'

Híbrido originado de *V. berlandieri* x *V.rupestris*, suas características essenciais são o alto enraizamento, vigor e sobrevivência, entretanto pode induzir atraso na maturação, mesmo sendo um material de ciclo precoce (EMBRAPA, 2014).

Em geral apresenta compatibilidade com a maioria das cultivares e resistência a míldio, filoxera e fusariose, sendo esta última um problema na região Sul do Brasil, e por isso é muito utilizado nesta região, embora também seja recomendado para os estados de SP, MG, BA e PE (FERREIRA, 2019). É recomendado para cultivares americanas e híbridas em solos de baixa e média fertilidade, sendo que para solos de média fertilidade seu uso é mais indicado para cultivares viníferas (NARDELLO et al., 2023).

Em relação a outras doenças, como antracnose, e nematoides a resistência é baixa. Em relação aos solos é recomendado principalmente em argilosos, contudo

apresenta alta tolerância a solos secos e moderada a solos salinos (EMBRAPA, 2014).

2.4.4 'Freedom'

Resultante do cruzamento entre *V. champinii* x *V. vinifera* x *V. labrusca* x *V. riparia*, apresenta como principais características o alto enraizamento, vigor moderado e a alta resistência a nematoides (BRIGHENTI, 2010) e o objetivo deste cruzamento foi justamente a busca pela resistência a nematoides.

Este porta-enxerto de videira de mesa é muito utilizado nos Estados Unidos, México e Egito, regiões onde se adapta bem ao clima. Se adapta bem também tanto em solos argilosos quanto em solos arenosos, entretanto, não é recomendando para solos rasos, compactados e secos (SANTOS, 2019). Portanto o potencial máximo deste porta-enxerto pode ser obtido quando cultivado em regiões mais quentes e combinado com cultivares de alto rendimento (EL-GENDY, 2013).

2.5 Tolerância das cultivares de videira ao estresse oxidativo

O estresse oxidativo nas plantas pode advir de diversos tipos de estresses que podem ser bióticos, como o ataque de pragas e doenças, ou abióticos, como estresse hídrico, salino, osmótico, temperatura e diversos outros. A resposta de defesa da planta ao aumento de qualquer tipo de estresse é o aumento das espécies reativas de oxigênio (EROs), que também são produzidas em condições normais, entretanto em menor quantidade.

O sistema de defesa antioxidante da planta entra em ação para evitar o aumento na concentração de EROs, que são formas reduzidas do oxigênio atmosféricos (O_2) e transformados em radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ou radical hidroxila (OH^-), sendo esses os subprodutos decorrentes da excitação de O_2 (BARBOSA et al., 2014). Os subprodutos formados apresentam diferentes níveis de reatividade no metabolismo, dos quais os radicais superóxido (O_2^-) e hidroxila (OH^-) interferem em grande parte dos componentes celulares, como lipídeos, DNA e RNA, carboidratos e proteínas, causando peroxidação lipídica e enfraquecimento celular (KOH et al., 2016; MIGNOLET-SPRUYT et al., 2016). O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) exerce papel importante na planta pois, em baixas concentrações, é considerado uma molécula sinalizadora de estresses. Possui alta

permeabilidade nas membranas e, por isso, quando em altas concentrações pode interferir em diversos processos fisiológicos, como respiração, fotossíntese, movimento estomático, crescimento e desenvolvimento celular (QUAN et al., 2008).

O sistema de defesa antioxidante da planta compreende agentes enzimáticos e não enzimáticos (KIM e KWAK, 2010) que podem ser encontradas em diferentes compartimentos celulares como cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos (FOYER e NOCTOR, 2003).

Existem diferentes enzimas que atuam como mecanismo de defesa e auxiliam na redução do estresse oxidativo, entre elas, a superóxido dismutase (SOD) e as peroxidases. As SOD são as enzimas que atuam na primeira linha de defesa contra as EROs catalisando a dismutação de dois radicais O_2^- gerando H_2O_2 e O_2 (GILL E TUTEJA, 2010). As peroxidases, nas suas diversas formas, são importantes na desintoxicação de H_2O_2 produzido pela SOD (BARBOSA, et al., 2014).

Além disso as EROs provocam também peroxidação lipídica, devido aos radicais formados que reagem com os lipídeos formando hidroperóxidos, que por sua vez formam radicais lipídicos (ACHKAR et al., 2013). A peroxidação lipídica leva a danos na membrana celular, pois interfere na integridade e funcionalidade estrutural da membrana e da origem a vários produtos secundários, entre eles o malonaldeído (MDA) (SACHDEV et al., 2021). O marcador molecular não-enzimático MDA determina o grau de peroxidação e dano celular das plantas submetidas a diferentes tipos de estresses (COOKE e LEISHMAN, 2016).

A enxertia, apesar de ser bastante comum e apresentar resultados satisfatórios, pode provocar na planta um tipo de estresse abiótico, principalmente durante o corte, por se tratar de um intenso dano mecânico a planta. Este dano pode gerar um estresse ao metabolismo da planta, promovendo a ativação do metabolismo antioxidante, a fim de neutralizar a produção de EROs e permitir que as plantas enxertadas se desenvolvam normalmente (GOMES et al., 2017).

As alterações dos processos bioquímicos da planta tem sido foco de muitos estudos, principalmente o aumento da produção de EROs (TEDESCO et al., 2022). Plantas submetidas a alguma condição de estresse ativam o sistema antioxidante e, se o sistema de defesa antioxidante não for eficiente na eliminação das EROs, a combinação de porta-enxerto e copa se torna incompatível e, conseqüentemente, os níveis de EROs na região da enxertia aumentam (IRISARI et al, 2015), gerando alto acúmulo de H_2O_2 , de radicais superóxidos e de ácido 2-tiobarbitúrico (NOCITO et al.,

2010). A incompatibilidade, de modo geral, apresenta menores atividades de peroxidase e superóxido dismutase além de altos níveis de peróxido de hidrogênio na zona do enxerto (ALONI et al., 2008; NOCITO et al., 2010).

A compatibilidade entre copa e porta-enxerto durante todo o ciclo de uma espécie, desde a muda até o desenvolvimento no campo, pode ser confirmada a partir da quantificação de enzimas, como SOD e diferentes peroxidases, uma vez que quanto maior a semelhança da atividade enzimática entre a copa e porta-enxerto menor será o nível de incompatibilidade entre os materiais (KOHATSU et al., 2013; RODRIGUES et al., 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental e no Laboratório de Fruticultura da UTFPR – Campus Pato Branco, com clima Cfa conforme descrição de Koppen (ALVARES et al., 2013) localizada nas coordenadas 26°10'35.1"S 52°41'23.9"W e altitude de 796 m.

3.1 Coleta e preparo do material vegetal

O material vegetal, estacas dos porta-enxertos e gemas das variedades-copa, foram cedidos pelo Banco de Germoplasma da Embrapa, Estação Experimental de Canoinhas/SC. Os materiais foram coletados no dia 23 de junho de 2021, durante o período de dormência e com condições sanitárias ideais. Os porta-enxertos foram previamente cortados com aproximadamente 30 cm e os ramos das variedades-copa com 60 cm. Após a coleta, os materiais permaneceram em câmara fria por 15 dias até o momento da enxertia.

A desinfestação de todo material vegetal foi realizada a partir da imersão em solução de hipoclorito de sódio 1% durante 10 minutos, em seguida, foi enxaguado em água corrente e depois pulverizado com álcool 70%.

As estacas dos porta-enxertos utilizados foram: 'IAC 572 Jales', 'IAC 766 Campinas', 'Paulsen 1103' e 'Freedom', cortados com tamanhos de 30 cm, com três gemas. O corte transversal foi realizado um cm abaixo da última gema, a fim de aumentar o contato com AIB (ácido indolbutírico) e em seguida todas as gemas foram removidas. Na parte superior da estaca o corte foi efetuado três cm acima da última gema. As copas utilizadas para o enxerto foram: 'BRS Carmem', 'BRS Magna', 'Bordô', 'Isabel Precoce' e 'Concord Clone 30', o corte foi realizado três cm abaixo da última gema, sendo que todas as gemas foram previamente removidas.

3.2 Enxertia das cultivares-copa e porta-enxerto

A combinação das cultivares-copa e porta-enxerto foi realizada pela técnica de enxertia de mesa com forçagem conforme descrito por Grigolo et al. (2021) e Maroli et al. (2014) e foi realizada no dia 06 julho de 2021.

O corte das estacas e garfo da variedade-copa, foi realizada com auxílio de canivete e a técnica de enxertia do tipo garfagem de topo e em seguida amarrado com fita Buddy tape® a fim de facilitar a soldagem entre as partes. O processo de enxertia

foi realizado por apenas uma pessoa e teve-se o cuidado que utilizar materiais, copa e porta-enxerto, com diâmetros semelhantes.

Posteriormente, os enxertos foram cobertos com cera derretida (Rebwachs W.F®) a 65 °C e, logo depois, envolvidos em jornal e colocados em vasos com 20 cm de lâmina de água. Os vasos por sua vez foram mantidos a 19 °C durante 21 dias em câmara de ventilação forçada, no escuro (Figura 1).

Figura 1 – Etapas do processo de enxertia do tipo garfagem de topo. A – Corte PE; B – Corte cultivar-copa; C – Encaixe do PE e cultivar-copa; D – Amarração com fita; E – Enxertos cobertos com cera de enxertia; F – Enxertos envolvidos com jornal; G – Enxertos em câmara de ventilação. UTFPR, Campus Pato Branco, 2023.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Após o período na câmara de ventilação, a base dos enxertos foi lavada e em água corrente e, em seguida, os mesmos foram submetidos a aplicação por imersão

do promotor de enraizamento, AIB 2000 mg.L⁻¹ durante cinco segundos. A concentração de AIB foi obtida pela dissolução de AIB em pó com algumas gotas de KOH (5 N) e água destilada. Na sequência da aplicação, os enxertos foram colocados em “citropotes de 3 L previamente preparados com substrato comercial. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação com temperatura controlada de aproximadamente 25 °C e com sistema de irrigação por gotejamento a cada quatro horas por três minutos até os 40 dias de desenvolvimento e, posteriormente, à irrigação a cada quatro horas por quatro minutos até os 90 dias de desenvolvimento.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições em esquema bifatorial de 4 x 5 (porta-enxertos x cultivares-copa), sendo o primeiro constituído pelos 4 diferentes porta-enxertos ('IAC 572 Jales', 'IAC 766 Campinas', 'Paulsen 1103' e 'Freedom') e, o segundo fator, pelas 5 diferentes cultivares-copa ('BRS Carmem', 'BRS Magna', 'Bordô', 'Isabel Precoce' e 'Concord Clone 30'). Cada parcela foi formada por 15 enxertos, totalizando um experimento com 1200 plantas.

Os tratamentos (20) foram constituídos pela combinação das diferentes copas e porta-enxertos (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos (TRAT) para o experimento de combinação entre porta-enxerto (PE) e cultivar-copa de videira. UTFPR, Campus Pato Branco, 2023.

TRAT.	PE/COPA	TRAT.	PE/COPA
T1	Paulsen 1103 / BRS Carmem	T11	IAC 766 Campinas / BRS Carmem
T2	Paulsen 1103 / BRS Magna	T12	IAC 766 Campinas / BRS Magna
T3	Paulsen 1103 / Bordô	T13	IAC 766 Campinas / Bordô
T4	Paulsen 1103 / Isabel Precoce	T14	IAC 766 Campinas / Isabel Precoce
T5	Paulsen 1103 / Concord Clone 30	T15	IAC 766 Campinas / Concord Clone 30
T6	IAC 572 Jales / BRS Carmem	T16	Freedom / BRS Carmem
T7	IAC 572 Jales / BRS Magna	T17	Freedom / BRS Magna
T8	IAC 572 Jales / Bordô	T18	Freedom / Bordô
T9	IAC 572 Jales / Isabel Precoce	T19	Freedom / Isabel Precoce
T10	IAC 572 Jales / Concord Clone 30	T20	Freedom / Concord Clone 30

3.4 Análises de desenvolvimento

Aos 90 dias de desenvolvimento foi avaliada a porcentagem de sobrevivência dos enxertos e em seguida realizada a análise destrutiva de três plantas de cada tratamento por bloco, para a realização das seguintes análises: número de folhas,

área foliar, número de raízes, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca das folhas, raízes e hastes.

As plantas foram retiradas dos citropotes e suas raízes lavadas em água corrente. Após lavagem foi realizada a avaliação de área foliar no scanner ImageJ, contagem de número de folhas e raízes, comprimento de raízes, haste e parte área com auxílio de uma régua milimétrica. Em seguida cada parte foi colocada individualmente em sacos de papel que foram secados em estufa à 60 °C, até massa constante, para posterior obtenção de massa seca em balança de precisão.

3.5 Análises bioquímicas

Para a realização das análises enzimáticas, o material vegetal foi coletado em três momentos, sendo eles: aos 0, 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. Para cada data foram amostrados tecidos de três regiões diferentes da muda enxertada: 2 cm acima da enxertia (copa), na região da enxertia, dois cm abaixo (porta-enxerto). Foram coletados dois enxertos aleatórios de 15 combinações de Copa/PE. Para cada enxerto amostrado o material vegetal foi posto separadamente em tubos (tipo eppendorf) graduados de 2 mL, imediatamente colocados em N líquido e em seguida transferidos para ultrafreezer a 45 °C, onde permaneceram até a data de avaliação. Posteriormente, após a avaliação da taxa de sobrevivência e de desenvolvimento das plantas, das 15 combinações amostradas, optou-se por avaliar as amostras de duas combinações PE/Copa de maior taxa de sobrevivência e das duas combinações PE/Copa de menor sobrevivência e vigor (Tabela 2). As demais amostras foram descartadas.

Tabela 2 – Tratamentos utilizados nas análises bioquímicas. UTFPR Campus Pato Branco PR, 2023.

Sobrevivência	Tratamento	Descrição
≥87%	T6	IAC 572 Jales / BRS Carmem
	T20	Freedom / Concord Clone 30
≤35%	T11	IAC 766 Campinas / BRS Carmem
	T15	IAC 766 Campinas / Concord Clone 30

As análises bioquímicas realizadas foram: atividade de peroxidase (POX), superóxido dismutase (SOD), quantificação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e peroxidação lipídica a partir da quantificação de malondialdeído (MDA).

O extrato vegetal para as análises enzimáticas de SOD e POX foi extraído a partir da maceração em nitrogênio líquido de 150 mg de tecido vegetal amostrado, 0,075 mg de PVPP (polivinilpolipirrolidona) e 2,5 mL de solução tampão de extração. Este foi constituído por tampão fosfato de potássio 100 mM pH 7,0, acrescido de 10 mM de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), 5 mM de ditioneitol (DTT). Em seguida, o material foi centrifugado por 12 min a 4 °C em 12000 g. O precipitado foi descartado e o sobrenadante utilizado como extrato enzimático.

Para quantificação de peróxido de hidrogênio e peroxidação de lipídios o extrato vegetal foi obtido apenas pela maceração de 150 mg de tecido vegetal em nitrogênio líquido e homogeneizado em 2 mL de TCA (ácido tricloroacético a 1% (m/v). Em seguida o homogeneizado foi centrifugado por 15 minutos em 12000 g. O precipitado foi descartado e o sobrenadante utilizado como extrato enzimático.

3.6 Superóxido Dismutase (SOD)

A atividade da enzima SOD, determinada pela capacidade em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT), foi quantificada conforme metodologia descrita por Giannopolitis e Reis (1977) com algumas adaptações. Para esta avaliação foi mantido o máximo de escuro possível tanto na preparação dos reagentes, maceração das amostras e durante as leituras.

A avaliação foi preparada em um meio de reação contendo 50 uL de extrato enzimático, 3 mL da solução tampão fosfato de sódio 5 mM pH 7,8, 0,015g de NBT, 0,4849 g de metionina, 2 mL de riboflavina. Em seguida os tubos foram incubados sob lâmpada fluorescente de 15 watts por 10 minutos e as leituras foram realizadas em triplicatas no espectrofotômetro com cubetas de quartzo no comprimento de onda de 560 nm. O branco da solução foi composto pelo meio de reação sem o extrato enzimático, que foi substituído por água destilada.

A atividade da enzima foi expressa em $U\ mg\ prot^{-1}\ min^{-1}$ e o cálculo foi realizado considerando que uma unidade de SOD indica a quantidade de enzima suficiente para inibir 50% a fotorredução do NBT, conforme equação a seguir:

$$\% \text{ inibição} = \frac{A_{560nm} \text{ com extrato enzimático} - A_{560nm} \text{ sem enzima}}{A_{560nm} \text{ sem enzima}}$$

3.7 Atividade de Peroxidase (POX)

A capacidade de catalisação e transferência do hidrogênio de um doador para o H_2O_2 , determina a atividade de peroxidase que foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Flurkey e Jen (1978), com modificações.

O tampão de reação foi composto por 100 mL de tampão fosfato de sódio contendo 54 uL de guaiacol e 44 uL de H_2O_2 . O meio de reação foi constituído por 0,5 uL do sobrenadante do extrato que foi adicionado a 1 mL do tampão de reação. A leitura foi realizada após 2 minutos em triplicatas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 470 nm e duração de 120 segundos

A atividade da POX foi medida através da oxidação do guaiacol a tetraguaiacol através do aumento na absorbância a 470 nm. Para cálculo foi utilizado coeficiente de extinção molar de $26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ e os resultados foram expressos em $\mu\text{M} \cdot \text{min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ prot.

3.8 Proteínas Totais

Quantificação de proteínas totais foi obtido pelo método descrito por Bradford (1976). A priori foi preparada a curva padrão a partir da diluição da proteína BSA (albumina de soro bovino) e do reagente de Bradford conforme proporções da Tabela 3.

Tabela 3 – Concentrações para curva de calibração método Bradford. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Tubos	Água Destilada (uL)	BSA (uL)	Bradford (uL)
1	100	0	2,5
2	90	10	2,5
3	80	20	2,5
4	70	30	2,5
5	60	40	2,5
6	50	50	2,5

Após a preparação dos tubos, os mesmos foram agitados e incubados a 37 °C por 20 min. Após esse período os tubos permaneceram em repouso durante 5 min. A leitura do valor zero de absorbância foi realizada com água destilada na cubeta de quartzo, em seguida foi realizada a leitura de absorbância, em espectrofotômetro, de cada tubo e realizada a curva padrão.

Para a quantificação do material vegetal foram adicionados em um tubo 10 uL do extrato enzimático, 90 uL de água destilada, 2,5 uL do reagente de Bradford, em

seguida, incubados conforme procedimento da curva padrão e depois realizada a leitura de absorbância em espectrofotômetro, a 595 nm. A concentração de proteínas foi determinada a partir da curva padrão de calibração baseada em BSA. A quantidade de proteínas foi expressa em mg de proteína.mL⁻¹.

3.9 Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂)

A quantificação de H₂O₂ foi realizada conforme metodologia adaptada de Velikova, Yordanov e Edreva (2000), cujo o meio de reação constituiu-se do extrato enzimático, tampão fosfato de potássio 10 mM pH 7,0 e 500 mM de KI (iodeto de potássio). A absorbância foi determinada a 390 nm e os valores foram calculados com base em curva padrão. A concentração de H₂O₂ foi determinada a partir da curva padrão (Tabela 4) e expressa em mM de H₂O₂.g⁻¹ MF.

Tabela 4. Concentrações para curva de calibração de H₂O₂. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Tubos	Água destilada (uL)	H ₂ O ₂ (uL)	TKP (uL)	Iodeto (uL)
1	100	300	180	120
2	200	200	180	120
3	250	150	180	120
4	300	100	180	120
5	350	50	180	120
6	400	0	180	120

3.10 Peroxidação lipídica quantificada por Malondialdeído (MDA)

A determinação de peroxidação lipídica foi realizada conforme metodologia descrita por Buege e Aust (1978) e Wang, Lei e Wang (2012) a partir da quantificação do malondialdeído.

O meio de reação foi constituído de ácido tiobarbiturico a 0,5 % (m/v), ácido tricloacético a 20% (m/v) e extrato da amostra (25 % do volume final). A reação procedeu-se por 30 minutos em banho maria em água fervente, em seguida, a reação foi paralisada em banho de gelo.

Duas leituras foram realizadas em espectrofotômetro, a primeira em comprimento de onda a 535 nm e a segunda a 600 nm, em cubeta de quartzo. O cálculo realizado a partir da diferença da segunda e a primeira leitura com o coeficiente de extinção molar (ϵ) de 155 mM⁻¹.cm⁻¹ e o teor da concentração de MDA, que é produto final do processo da peroxidação, expresso em umol g⁻¹ de MF.

3.11 Análises de dados

Inicialmente, todos os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e Oneillmathews para verificar a normalidade e a homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após atenderem as premissas do teste F, as análises de desenvolvimento, foram submetidas a análise de variância e depois as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

As análises bioquímicas, peroxidases, superóxido dismutase, peróxido de hidrogênio e malondialdeído, foram submetidos a análise de correlação de Pearson com a taxa de sobrevivência e aquelas que apresentaram correlação significativa ($P \leq 0,05$) foram submetidos a ANOVA e posteriormente ao teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com em linguagem R (R Core Team, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros de Desenvolvimento

A interação entre as combinações de copa e PE foi significativa apenas para sobrevivência e número de folhas (Tabela 5).

Tabela 5 – Soma de quadrado da análise de variância da porcentagem de sobrevivência (SB), número de folhas (NF), número de raízes (NR), comprimento de parte aérea (CP), comprimento de raiz (CR), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSP) e massa seca de raiz (MSR) das diferentes combinações entre copa e porta-enxerto de videira. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Fontes de Variação	SB	NF	NR	CP	CR	AF	MSP	MSR
Bloco	3198*	129,14*	14,64*	5302,00*	686,10 ^{ns}	1107574*	58,69*	13,34*
Porta-enxerto	18194*	189,89*	41,28*	56,4420*	5555,60*	3478801*	154,38*	50,63*
Copa	3627*	101,31*	11,74 ^{ns}	9567,10*	1945,20*	1796147*	67,81*	16,96*
Pe x Copa	8075*	85,32*	14,47 ^{ns}	1769,80 ^{ns}	1065,20 ^{ns}	398602 ^{ns}	14,96 ^{ns}	9,75 ^{ns}
Resíduo	11770	108,99	54,40	5646,30	4862,40	1681765	83,74	34,39
Total	44683	614,66	136,52	27929,40	14114,40	8462889	379,58	125,09
CV	21,83	16,32	49,54	35,12	29,02	32,39	39,68	52,23

^{ns}, * Não significativo e significativo, respectivamente ($P \leq 0,05$).

Em geral, o PE que apresentou melhor resultado de sobrevivência foi o 'IAC 572 Jales'. Entre os tratamentos, destaca-se a combinação de 'IAC 572 Jales' com 'BRS Carmem', com 97% de sobrevivência (Tabela 6), entretanto a cultivar-copa 'BRS Carmem' não diferiu das demais copas enxertadas sobre o mesmo PE, demonstrando que este PE apresenta boa compatibilidade com as cultivares-copas utilizadas.

Tabela 6 – Sobrevivência (%) aos 90 dias após a enxertia das diferentes combinações de copa e porta-enxerto. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Porta-enxerto/Copas	Bordô	BRS Carmem	BRS Magna	Concord Clone 30	Isabel Precoce	Médias
IAC 766 Campinas	55 aA*	33 cA	64 aA	35 bA	43 bcA	46
Freedom	58 aB	90 abA	85 aAB	87 aAB	72 abAB	78
IAC 572 Jales	68 aA	97 aA	87 aA	87 aA	82 aA	84
Paulsen 1103	60 aAB	64 bAB	67 aA	85 aA	35 cB	64
Médias	60	71	76	74	58	-
CV	21,83%	-	-	-	-	-

*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O PE 'Freedom' também respondeu positivamente quando submetido as diferentes combinações, com exceção da cultivar-copa 'Bordô que apresentou sobrevivência de 58%, diferindo significativamente apenas da cultivar 'BRS Carmem'.

Os PEs 'IAC 766 Campinas' e 'Paulsen 1103' apresentaram taxa de sobrevivência menor quando comparados aos PE 'Freedom' e 'IAC 572 Jales'. O PE 'IAC 766 Campinas' apresentou taxa de sobrevivência semelhante em todas as cultivares-copas avaliadas, sem diferença entre as mesmas. Por sua vez, 'Paulsen 1103' apresentou maior sobrevivência quando combinado com 'Concord Clone 30', com 85% de sobrevivência, diferindo significativamente do mesmo PE combinado com 'Isabel Precoce', o qual apresentou apenas 35% de sobrevivência (Tabela 6).

O início da compatibilidade de enxertia pode ser observado a partir da formação de calos, embora não seja uma regra, visto que a formação de calos pode também ser apenas uma reposta comum ao ferimento, entretanto sabe-se que formação de calo é essencial para o desenvolvimento das conexões vasculares que ditam a compatibilidade ou não dos enxertos (PINA e ERREA, 2005). Em avaliações complementares, observou-se a formação de calos nos primeiros 30 dias após enxertia em todas as copas 'BRS Carmem', 'BRS Magna' e 'Concordo Clone 30', enxertadas sobre os PEs IAC 572 Jales e Freedom (Figura 2).

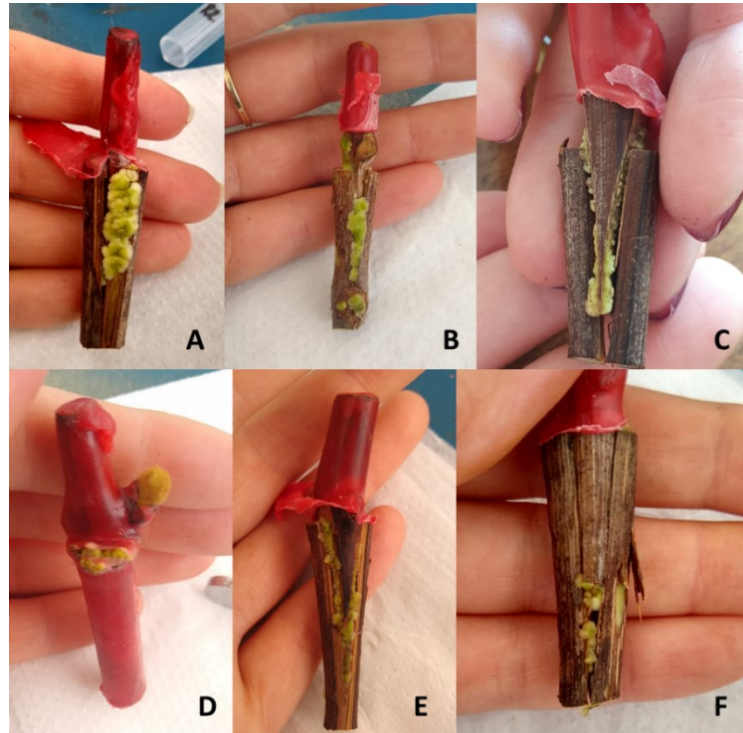
Em relação às cultivares-copas, 'Bordô e 'BRS Magna' mostraram-se com compatibilidade mais homogênea entre os PEs utilizados e não apresentaram diferenças significativas de sobrevivência (Tabela 6).

'BRS Carmem' teve baixa sobrevivência quando enxertada sobre 'IAC 766 Campinas' (apenas 33%), porém com alta sobrevivência quando enxertada sobre 'Freedom' e 'Jales' (90 e 97%, respectivamente) e compatibilidade intermediária com o PE 'Paulsen 1103'.

'Concord Clone 30' apresentou boa compatibilidade com os PEs 'Freedom', 'Jales' e 'Paulsen 1103', sem diferir significativamente entre si. Porém teve baixa sobrevivência (apenas 35%) quando enxertada sobre IAC Campinas (Tabela 6).

A cultivar-copa com menor média geral de sobrevivência foi observada para 'Isabel Precoce'. Esta cultivar apresentou boa sobrevivência quando enxertada sobre 'IAC 572 Jales' (82%) e 'Freedom' (72%), e o pior desempenho quando combinada ao 'Paulsen 1103', com sobrevivência de 35%, sem diferir de IAC Campinas, com 46% de sobrevivência.

Figura 2 – Formação de calo aos 30 dias após enxertia nas combinações de copa e porta enxerto de videira. A - IAC 572/BRS Carmem; B – IAC 572/BRS Magna; C – IAC 572/Concord Clone 30; D – Freedom/BRS Carmem; E – Freedom/BRS Magna; F – Freedom/Concord Clone. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.



Fonte: Autoria Própria (2023)

A combinação com maior número de folhas foi observada entre ‘Freedom’ e ‘BRS Carmem’, com média de 13,58 folhas.planta⁻¹, diferindo significativamente de todas as demais cultivares-copas enxertadas sob o mesmo PE (Tabela 7).

Tabela 7 – Número de folhas por planta aos 90 dias após o enxerto nas diferentes combinações de copa e porta-enxerto. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Porta-enxerto/ Copas	Bordô	BRS Carmem	BRS Magna	Concord Clone 30	Isabel Precoce	Médias
IAC 766 Campinas	6,08 bA*	6,58 cA	9,44 aA	6,00 aA	6,58 bcA	6,94
Freedom	9,83 aB	13,58 aA	9,83 aB	7,91 aB	9,33 abB	10,10
IAC 572 Jales	10,92 aAB	12,25 abA	9,25 aB	8,58 aB	10,11 aAB	10,22
Paulsen 1103	6,75 bBC	10,67 bA	9,66 aAB	6,92 aBC	4,83 cC	7,77
Médias	8,40	10,77	9,55	5,85	7,71	-
CV	16,32%	-	-	-	-	-

*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

O PE ‘IAC 572 Jales’ induziu alto número de folhas à diferentes cultivares-copas cujas melhores combinações, para esse PE, foram observadas com as cultivares-copas ‘BRS Carmem’, ‘Bordô’ e ‘Isabel Precoce’, com 12,25, 10,92 e 10,11

folhas.planta⁻¹, respectivamente, que não diferiram entre si. Já as menores médias de folhas para esse PE foram observadas quando a enxertia foi feita com 'BRS Magna' e 'Concord Clone 30', com 9,25 e 8,58 folhas.planta⁻¹, respectivamente (Tabela 7).

O PE 'Paulsen 1103' combinado com 'BRS Carmem' resultou em 10,67 folhas planta⁻¹, diferindo significativamente das copas 'Bordô', 'Concordo Clone 30' e 'Isabel Precoce', sendo observada apenas 4,83 folhas planta⁻¹ quando combinado a 'Isabel Precoce'. Esta foi a combinação com o menor número de folhas observada no estudo.

Por sua vez, 'IAC Campinas' também induziu menores números de folhas menores e sem diferença significativa nas cultivares copa, sendo o PE que proporcionou o menor número de folhas às copas entres os quatro PEs avaliados (Tabela 7).

Observando do ponto de vista do efeito das copas sob o número de folhas, 'BRS Magna' e 'Concord Clone 30' não diferiram significativamente entre os PEs utilizados na enxertia. Para as cultivares-copa 'Bordô' e 'BRS Carmem' o comportamento da variável número de folhas foi semelhante, visto que, quando enxertadas sob os PEs 'Freedom' e 'IAC 572 Jales' obteve-se maior número de folhas e com diferença significativa quando comparados aos enxertos com 'IAC 766 Campinas' e 'Paulsen 1103'.

A copa 'Isabel precoce', quando enxertada sobre 'IAC 572 Jales' resultou em 10,11 folhas planta⁻¹, uma proporção de duas vezes mais folhas comparada a combinação com 'Paulsen 1103' (Tabela 7), o que demonstra a capacidade do PE em transferir diferença de vigor para a cultivar-copa, já no início da formação da planta.

Número de brotos para as combinações de 'BRS Carmem'/'Paulsen 1103', 'Isabel Precoce/Paulsen 1103', 'BRS Carmem/IAC 766 Campinas', 'Isabel Precoce/IAC Campinas 766 Campinas' e 'Isabel Precoce/Freedom' foi crescente até aos 50 dias após enxertia, depois desse período houve seca de alguns brotos, levando a redução do número de folhas planta⁻¹ e conseqüentemente redução na sobrevivência das plantas (dados não apresentados). Esta mortalidade retardada pode ser um sinal da incompatibilidade dos materiais, pois estabelecimento inicial das conexões vasculares entres os materiais enxertados pode levar mais de um ano, em casos de materiais lenhosos (TEDESCO et al., 2022), entretanto, outros fatores podem estar associados a mortalidade precoce, tais como: quantidade de reservas nutricionais, consistência dos tecidos dos PE e questões ambientais.

As variáveis número de raízes, comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, área foliar massa seca de parte aérea e raiz, não apresentaram interação significativas para as diferentes combinações de copa e PE (Tabela 5), contudo seus efeitos isolados foram significativos para estas variáveis.

O PE que apresentou maior número de raízes foi ‘Freedom’, com 5,39 raízes.planta⁻¹, que diferiu significativamente dos demais PEs (Tabela 8). Já ‘IAC 766 Campinas’ apresentou o menor número de raízes, com 3,32 raízes.planta⁻¹, todavia não diferiu do PE ‘IAC 572 Jales’, com 4,14 raízes.planta⁻¹ (Tabela 8).

Tabela 8 – Efeito do porta-enxerto sob as variáveis de número de raízes (NR), comprimento de parte aérea (CP), comprimento de raiz (CR), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSP) e raiz (MSR) aos 90 dias após enxertia. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Porta-enxertos	NR**	CP (cm)	CR (cm)	AF (cm ²)	MSP (g)	MSR (g)
IAC 766 Campinas	3,32 c*	18,93 b	23,10 b	292,56 b	1,55 b	0,63 b
Freedom	5,39 a	34,85 a	43,28 a	762,81 a	4,22 a	2,19 a
IAC 572 Jales	4,14 bc	38,83 a	38,11 a	764,42 a	4,84 a	2,47 a
Paulsen 1103	4,25 b	23,54 b	25,72 b	419,54 b	2,09 b	0,90 b
Médias	4,28	29,04	32,55	599,83	3,18	1,55
CV %	23,70	35,12	29,02	32,39	39,68	52,23

* Médias seguidas por letras distintas minúsculas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$). ** Variável transformada em raiz quadrada arco seno.

Os PEs ‘Freedom’ e ‘IAC 572 Jales’ conferiram maiores médias de comprimento de parte aérea e raiz, área foliar e massa seca de parte aérea e raiz. Para essas mesmas variáveis, os PEs que proporcionaram o pior desempenho foram ‘IAC Campinas’ e ‘Paulsen 1103’ (Tabela 8). Os melhores e piores desempenhos nestas variáveis foram significativamente distintos entre si.

A superioridade do PE ‘IAC 572 Jales’ é evidente tanto na compatibilidade com todas as copas quanto em seu efeito isolado. Esta mesma resposta deste PE foi observada por Campos (2020), que observou maior vigor no crescimento dos ramos, comprimento e diâmetro quando este PE foi comparado a ‘IAC 766 Campinas’ e IAC 313 Tropical’. O desenvolvimento inicial mais lento do ‘IAC 766 Campinas’ também foi constatado pelo mesmo autor, porém apesar do menor desenvolvimento, induziu um bom vigor as copas, diferente do comportamento observado neste estudo, cujo vigor das copas enxertadas sob ‘IAC 766 Campinas’ foi inferior aos demais PEs.

A maioria das copas combinadas ao PE ‘IAC 766 Campinas’ apresentou menor sobrevivência (Tabela 6) e baixo número de folhas nos enxertos sobreviventes

(Tabela 7). Considerando o fator PE isolado, o resultado não foi diferente para as demais variáveis, que foram inferiores para este PE, embora não tenha apresentado diferença significativa para o PE 'Paulsen 1103', exceto para variável número de raízes, em que 'IAC 766 Campinas' diferiu do 'Paulsen 1103' e demais PEs.

A massa seca das raízes também diferiu significativamente nos PEs 'IAC 766 Campinas' e 'Paulsen 1103', em relação aos demais PE avaliados. Isso foi consequência do menor número de raízes, provavelmente, em decorrência da menor quantidade de substâncias de reserva, cuja resposta também foi observada por Vršič, Pulko e Kocsis, (2016), fator que promoveu menor desenvolvimento das mudas.

O efeito isolado da cultivar-copa apresentou diferença significativa para as variáveis comprimento de parte aérea e raiz, área foliar, massa seca de parte aérea e raiz (Tabela 9).

Tabela 9 – Efeito da cultivar-copa sob as variáveis de comprimento de parte aérea (CP), comprimento de raiz (CR), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSP) e raiz (MSR) aos 90 dias após a enxertia. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Copas	CP (cm)	CR (cm)	AF (cm ²)	MSP (g)	MSR (g)
BRS Carmem	50,79 a*	41,04 a	828,58 a	5,13 a	1,76 ab
BRS Magna	33,66 b	34,52 ab	598,88 bc	3,25 b	1,60 ab
Concord Clone 30	24,30 bc	34,32 ab	616,51 b	2,99 b	2,32 a
Bordo	19,30 c	28,15 b	415,25 cd	2,35 b	1,20 bc
Isabel Precoce	18,49 c	25,63 b	338,720 d	2,27 b	0,75 c
Médias	29,31	32,73	559,59	3,20	1,53
CV %	35,12	29,02	32,39	39,68	52,23

***Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).**

Com o efeito isolado da cultivar-copa, observou-se a superioridade da 'BRS Carmem', conforme visto na porcentagem de sobrevivência e número de folhas (Tabela 6 e 7), onde se destacou quando combinada aos PEs 'IAC 572 Jales' e 'Freedom', respectivamente.

Comprimento de parte aérea foi superior para cultivar-copa 'BRS Carmem' (50,79 cm), diferindo significativamente das demais cultivares-copa. Em contrapartida, 'Isabel Precoce' induziu o menor comprimento de parte aérea, 18,49 cm, entretanto sem diferir de 'Bordo' e 'Concord Clone 30' (Tabela 9).

Para a variável comprimento de raiz as cultivares-copa 'BRS Carmem', 'BRS Magna' e 'Concord Clone 30' foram superiores, não diferiram entre si e o comprimento da raiz principal foram 41,04, 34,52 e 34,32 cm, respectivamente (Tabela 9).

A área foliar foi superior e significativa para a cultivar-copa 'BRS Carmem' em relação as demais, onde apresentou 828,58 cm² de área foliar (Tabela 9). 'Isabel Precoce' foi a cultivar-copa que apresentou menor área foliar, 338,720 cm², entretanto não houve diferença significativa quando comparada a cultivar 'Bordô', que apresentou 415,25 cm².

Os enxertos que acumulam maior massa seca apresentam maior quantidade de material de reserva, essenciais para o estabelecimento da muda e o vigor das plantas, visto isso, tanto as copas ('BRS Carmem', 'BRS Magna' e 'Concord Clone 30') quanto os PEs ('IAC 572 Jales' e 'Freedom') que apresentaram maiores médias para esta variável, tiveram maior capacidade de realocação das reservas para formação de novos órgãos, brotos e raízes.

A quantidade de folhas presentes em uma muda exerce função importante no enraizamento, incrementando o início da formação das raízes, devido a produção de auxinas que, é produzida pelas folhas e gemas (HARTMANN et al, 2011). Conforme observado (Tabela 7), os PEs 'IAC 572 Jales' e 'Freedom' induziram maior número de folhas. Em geral, estes mesmos PEs foram os que apresentaram maior comprimento de raiz e também induziram aumento na área foliar e, conseqüentemente, maior massa seca e de parte aérea e raiz (Tabela 8). Estes resultados foram ainda melhores quando receberam enxertia de 'BRS Carmem', que por sua vez, também apresentou resultado superior em seu efeito isolado sob comprimento de parte aérea e raiz, área foliar, massa seca de parte aérea. Todos esses resultados corroboram para a alta sobrevivência observada nessas duas combinações.

4.2 Parâmetros Bioquímicos

As reações bioquímicas apresentaram correlações positivas ou negativas quando avaliadas nas diferentes regiões do enxerto, conforme observado na análise de correlação. No entanto, essas correlações foram significativas, na região do porta-enxerto aos 0 e 20 dias após saída da câmara de forçagem para POX e, aos 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem para SOD. Na região da enxertia (união entre a copa e porta-enxerto), a correlação foi significativa para a peroxidação de lipídeos aos 0 e 10 dias após a saída da câmara de forçagem. Por fim, na região da copa, a correlação significativa também foi observada para peróxido de hidrogênio aos 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem (Tabela 10).

Tabela 10 – Correlação de Pearson das análises bioquímicas nas diferentes regiões do enxerto (porta-enxerto, união e copa) em combinações de enxertos de videira com alta e baixa sobrevivência avaliados aos 0, 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

	POX	POX	POX	SOD	SOD	SOD	H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	MDA	MDA	MDA
Porta-enxerto												
DASF	0	10	20	0	10	20	0	10	20	0	10	20
Sobrev	-0,56	0,02	-0,83	-0,39	0,55	0,54	0,04	0,53	-0,27	0,31	-0,12	-0,41
P	0,05*	0,95 ^{ns}	0,00*	0,21 ^{ns}	0,05*	0,07 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,19 ^{ns}
União												
Sobrev	0,19	-0,12	0,05	-0,12	-0,48	-0,14	0,42	-0,77	0,02	0,85	0,69	0,50
P	0,55 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,00*	0,95 ^{ns}	0,00*	0,01*	0,10 ^{ns}
Copa												
Sobrev	-0,13	0,00	0,32	-0,58	-0,29	0,01	0,28	-0,42	-0,82	0,14	-0,38	0,09
P	0,68 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,05*	0,37 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,01*	0,00*	0,66 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,77 ^{ns}

^{ns,*} Não significativo e significativo, respectivamente ($P \leq 0,05$).

Os dados apresentados e discutidos abaixo são referentes aos que tiveram correlação significativa entre as taxas de sobrevivência e os respectivos indicadores do metabolismo de estresse oxidativo, após submetidos à análise de ANOVA (Tabela 11).

Tabela 11 – Soma de quadrado da análise de variância das análises bioquímicas Peroxidase (POD), Superóxido dismutase (SOD), Peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e Malondialdeído (MDA) em diferentes regiões do enxerto de videira com alto e baixo vigor aos 0, 10 e 20 dias após saída de câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Fontes de Variação	POD ¹		SOD ¹	MDA ²		H ₂ O ₂ ³	
	0	20	10	0	10	10	20
Tratamento	5,63*	1918630,5*	23,81*	1081,62*	473,58*	0,61*	0,87*
Resíduo	1,22	310720,2	12,15	2,02	198,18	0,03	0,05
CV	5,51	34,61	46,38	1,33	10,92	6,66	8,90

¹ valores referentes à região do porta-enxerto. ² valores referentes à região da enxertia. ³ valores referente à região da copa. * Significativo ($P \leq 0,05$)

Atribui-se que a incompatibilidade está relacionada ao efeito do porta-enxerto, uma vez que as copas enxertadas sobre o PE 'IAC 766 Campinas' apresentaram maiores níveis da atividade de peroxidase e peróxido de hidrogênio, além de menor níveis de SOD e peroxidação lipídica.

A região do PE apresentou correlação significativa para a enzima SOD. Os níveis significativos foram observados aos 10 dias após saída da câmara de forçagem nas combinações com maior sobrevivência, 'IAC 572 Jales' com 'BRS Carmem' e

'Freedom' com 'Concord Clone 30', com 4,98 e 2,49 U mg⁻¹ de proteína, respectivamente. Entretanto, a combinação 'IAC 572 Jales' com 'BRS Carmem' diferiu significativamente apenas da 'IAC 766 Campinas' com 'Concord Clone 30' que apresentou 1,29 U mg⁻¹ de proteína (Tabela 12).

Tabela 12 –Superóxido dismutase (SOD - U/mg prot.) na região do porta-enxerto de videira com alta (A) e baixa (B) taxa de sobrevivência, aos 0 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Combinações	10
	U mg ⁻¹ prot
IAC 572 Jales + BRS Carmem (A)	4,98 a*
Freedom + Concord Clone 30 (A)	2,49 ab
IAC 766 Campinas + BRS Carmem (B)	1,87 ab
IAC 766 Campinas + Concord Clone 30 (B)	1,29 b

***Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey (P ≤ 0,05).**

Em resposta aos estresses, a enzima SOD é uma das primeiras enzimas no metabolismo de defesa da planta, reduzindo os radicais O₂⁻ e produzindo H₂O₂, sendo que este último produto também causa danos nas membranas celulares (GOMES, 2017). A produção de SOD nas combinações com alta sobrevivência é um sinalizador de que a desintoxicação das EROs está ocorrendo de forma eficiente.

Altos níveis de SOD também foi observado em enxertos compatíveis de lichia, assim como, as mesmas combinações apresentaram alta atividade de peroxidases (POX) e polifenoloxidase (PPO) (CHEN et al., 2016). Atividade de SOD alta pode estar associado a proteção de dano aos tecidos da planta durante o processo de cicatrização, conforme observado em combinações compatíveis de pera/marmelo (IRISARRI et al., 2015). Nocito et al. (2010) também observaram maior atividade de SOD em heteroenxertos incompatíveis de pera/marmelo e pera/pera.

Na região do porta-enxerto, a atividade de peroxidase foi contrária à enzima SOD e as combinações com menor sobrevivência tiveram níveis de POX mais elevado. A combinação de 'IAC 766 Campinas' com 'Concord Clone 30' apresentou níveis significativos de POX (4648,37 µM.min⁻¹ mg⁻¹ proteína) no dia de saída da câmara de forçagem, que diferiu significativamente das demais combinações avaliadas (Tabela 13). Já aos 20 dias após saída da câmara de forçagem a atividade da POX foi significativa e diferiu entre os porta-enxertos de maior e de menor taxa de sobrevivência (Tabela 13).

Tabela 13 – Peroxidase (POX) na região do porta-enxerto de videira com alta (A) e baixa (B) taxa sobrevivência aos 0 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023.

Combinações	0	20
	µM.min ⁻¹ mg ⁻¹ prot.	
IAC 572 Jales + BRS Carmem (A)	714,79 b*	188,74 b
Freedom + Concord Clone 30 (A)	932,58 b	220,88 b
IAC 766 Campinas + BRS Carmem (B)	815,50 b	1165,62 a
IAC 766 Campinas + Concord Clone 30 (B)	4648,37 a	702,42 ab

***Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey (P ≤ 0,05).**

A atividade da peroxidase é objeto de muitos estudos de compatibilidade de copa e PE, visto que, quando avaliada em conjunto com outras análises bioquímicas pode ser considerada um bom indicador de incompatibilidade, assim como observado nas combinações com o porta-enxerto 'IAC 766 Campinas' que promoveu menor sobrevivência aos enxertos. Em combinações compatíveis a atividade de peroxidase, de maneira geral, é menor e em níveis similares na região do PE e copa.

Alta atividade de POX na região do porta-enxerto também foi observada em combinações de pessegueiro 'Barbosa' em diferentes PEs de *Prunus*, cujas combinações com maior mortalidade também foram as que apresentaram maiores níveis de atividade da peroxidase (OLDONI, et al., 2019). O aumento da atividade de peroxidase nas combinações com menor sobrevivência pode ser resultado do acúmulo de fenóis, que podem utilizar a síntese de peroxidase como substrato, gerando aumento nos níveis de POX (HUDINA et al., 2014).

Entretanto, esta enzima pode ser afetada por diversos fatores, visto que é a primeira enzima que sofre alteração quando a planta passa por qualquer tipo de estresse, biótico ou abiótico, pois está diretamente relacionada a lignificação dos tecidos (TELLES et al., 2009), sendo inclusive afetada diretamente pelo substrato (PASSARDI et al., 2005). Esta resposta da POX também foi observada em estudo com mudas de pessegueiro interenxertadas, em que, mesmo em combinações compatíveis, houve grande diferença entre os níveis de POX na copa e PE, reforçando o fato da enzima sofrer grandes variações com fatores externos e internos da planta (TELLES et al., 2009).

Na região da copa, a correlação foi significativa para os níveis de H₂O₂, que foram maiores para as combinações com baixa sobrevivência, cujo o enxerto de 'IAC 766 Campinas' com 'BRS Carmem' (1,29 mM.g⁻¹) apresentou diferença significativa das demais combinações aos 10 dias após saída da câmara de forçagem (Tabela 14).

Já aos 20 dias, ambas as combinações com ‘IAC Campinas’ apresentaram quantidade de H_2O_2 , ($1,18 \text{ mM.g}^{-1}$ na combinação ‘IAC 766 Campinas’ + ‘BRS Carmem’ e $1,07 \text{ mM.g}^{-1}$ na combinação ‘IAC 766 Campinas’ + ‘Concord Clone 30’) significativamente superior as demais combinações, indicando ser este agente oxidante uma das prováveis causas da baixa taxa de sobrevivência dos enxertos.

Tabela 14 – Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) na região da copa de videira com alta (A) e baixa (B) taxa de sobrevivência, aos 10 e 20 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR, Campus Pato Branco, 2023.

Combinações	10	20
	mM de $H_2O_2.g^{-1}$ MF	
IAC 572 Jales + BRS Carmem (A)	0,82 b*	0,68 b
Freedom + Concord Clone 30 (A)	0,82 b	0,53 b
IAC 766 Campinas + BRS Carmem (B)	1,29 a	1,18 a
IAC 766 Campinas + Concord Clone 30 (B)	0,69 b	1,07 a

***Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).**

A formação de H_2O_2 é comum após o processo de enxertia e está estritamente relacionado a incompatibilidade, visto que, seu acúmulo já foi observado em enxertos incompatíveis de diferentes espécies (IRISARRI et al., 2015; ALONI et al., 2008). Em condições de estresse os níveis de H_2O_2 tendem a aumentar, conforme observado nesse estudo.

Os enxertos com baixa sobrevivência provavelmente tiveram as conexões vasculares comprometidas, possivelmente devido a incompatibilidade dos materiais, fator que pode dificultar o transporte de água e nutrientes, aumentando os níveis de H_2O_2 e, conseqüentemente, de estresse na copa do enxertos.

Estes resultados são semelhantes aos observados em enxertos incompatíveis de marmelo, que apresentaram maior atividade de peroxidase (POX) e maior nível de H_2O_2 na região da enxertia (NOCITO et al., 2010).

As combinações com maior sobrevivência, ‘IAC 572 Jales’ com ‘BRS Carmem’ e ‘Freedom’ com ‘Concord Clone 30’ apresentaram maiores e significativos níveis de peroxidação lipídica na região da união entre copa e PE (Tabela 15).

No dia da saída da câmara de forçagem, a combinação de ‘IAC 572 Jales’ com ‘BRS Carmem’ apresentou $50,28 \mu\text{M.g}^{-1}$ tecido de MDA, sendo superior e significativo em relação as demais combinações avaliadas. Aos 10 dias após saída da câmara de forçagem ‘IAC 572 Jales’ com ‘BRS Carmem’ e ‘Freedom’ com ‘Concord Clone 30’ mantiveram os maiores níveis de MDA, $50,86$ e $49,03 \mu\text{M.g}^{-1}$ tecido de MDA,

entretanto, sem diferença significativa para a combinação 'IAC 766 Campinas e Concord Clone 30', com 36,0 e 44,45 $\mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ tecido de MDA, pertencente ao grupo B, de menor taxa de sobrevivência (Tabela 15).

Tabela 15 – Malonaldeído (MDA) na região da enxertia em videira com alta (A) e baixa (B) taxa de sobrevivência, avaliada aos 0 e 10 dias após saída da câmara de forçagem. UTFPR Campus Pato Branco, 2023

Combinações	0	10
	$\mu\text{mol g}^{-1}$ de MF	
IAC 572 Jales + BRS Carmem (A)	50,28 a*	50,86 a
Freedom + Concord Clone 30 (A)	43,49 b	49,03 a
IAC 766 Campinas + BRS Carmem (B)	29,01 c	36,00 b
IAC 766 Campinas + Concord Clone 30 (B)	28,04 c	44,45 ab

***Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).**

Os resultados observados nos valores de MDA contrariam os observados na literatura, pois os lipídeos frequentemente são alterados pelas EROs após o sofrer algum tipo de estresse (NASCIMENTO et al., 2019). Em estresses abióticos as EROs provocam a peroxidação lipídica da membrana, que é avaliada pelo conteúdo de MDA (PAKZAD et al., 2019). Portanto, o esperado seria que enxertos com maior taxa de sobrevivência apresentassem menores níveis de MDA, contrariando os resultados deste experimento.

5 CONCLUSÃO

As combinações de porta-enxerto/copa manifestaram diferentes níveis de sobrevivência e desenvolvimento inicial.

Os porta-enxertos 'IAC 572 Jales' e 'IAC 766 Campinas' promoveram, respectivamente, as maiores e menores taxas de sobrevivência e desenvolvimento inicial. O porta-enxerto 'Freedom' apresentou maior desenvolvimento inicial quando combinado às cultivares-copa 'BRS Carmem', 'BRS Magna' e 'Concord Clone 30'. 'Paulsen 1103' combinado as cultivares-copa 'BRS Magna' e 'Concord Clone 30' induziu maiores taxas de sobrevivência e desenvolvimento inicial.

As combinações com alta taxa de sobrevivência, 'IAC 572 Jales / BRS Carmem' e 'Freedom / Concord Clone 30' apresentou maiores níveis de SOD e MDA e menores níveis de POX e H₂O₂.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as combinações entre PEs/Copas apresentadas neste estudo foram levadas em campo e serão avaliadas quanto ao desempenho produtivo, resistência a doenças e qualidade de frutos, com objetivo de identificar o PE mais adequado para cada cultivar-copa, na região de estudo.

Os altos níveis de MDA observados na região da enxertia, possivelmente estejam relacionados com a formação de calo na união entre a copa e PE, porém esta hipótese necessita ser investigada.

REFERENCIAS

- ACHKAR, M. T.; NOVAES, G. M.; SILVA, D. B.; VILEGAS, W. Propriedade antioxidante de compostos fenólicos: importância na dieta e na conservação de alimentos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 2, p. 398-406, 2013.
- ALONI, B. DEVENTURERO, K.G.; LEVIN, Z.; COHEN, R. KATZIR, N. Physiological and biochemical changes at the rootstock-scion interface in graft combinations between Cucurbita rootstocks and a melon scion. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Amsterdam, v. 83, n. 6, p. 777–783. 2015
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.
- BARBOSA, M. R., MEDEIROS DE ARAÚJO SILVA, M., WILLADINO, L., ULISSES, C., RANGEL CAMARA, T. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, 3, 2014.
- BORGES, R.S.; ROBERTO, S.R.; YAHASHITA, F.; ASSIS, A.M.; YAMAMOTOI, L.Y. Produção e qualidade de frutos de clones de videira 'Concord' sobre diferentes porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n.2, 2014.
- BOUQUET, A., Differences observed in the graft compatibility between some cultivars of Muscadine grape (*Vitis rotundifolia* Michx.) and European grape (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon). **Vitis: Journal of Grapevine Research** v.19, p.99–104, 1980.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, 7, 1976.
- BRAGG, L. – Biographical. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1915/wl-bragg/biographical/>. Acesso em: 24 jun 2023.
- BRIGHENTI, A.F. **Desempenho vitivinícola da Cabernet Sauvignon em dois sistemas de condução e três porta-enxertos em região de altitude**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, 2010. 64p.
- BUEGE, J.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid per-oxidation. **Methods in Enzymology**, v. 52, p.302-310, 1978.
- CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P.S. BRS Carmem: nova cultivar de uva tardia para suco. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, **Comunicado Técnico** 84, 2008.
- CAMARGO, U.A. 'Isabel Precoce': Alternativa para a Vitivinicultura Brasileira. **Comunicado Técnico** Embrapa, Bento Gonçalves, 2004.

CAMARGO, U.A. Cultivares para a viticultura tropical no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n.194, p. 15-19, 1998.

CAMARGO, U.A.; MAIA, J.D.G.; RITSCHER, P.S. Cultivares de videira para processamento. In: SILVEIRA, S.V.; HOFFMANN, A.; GARRIDO, L.R. **Produção integrada de uva para processamento**: implantação de vinhedo, cultivares e manejo da planta. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

CAMPOS, L.F.; VENDRUSCULO, E.P.; CORREIA, S.R.; CAMPOS, C.M.A.; TERAMOTO, A. MOURA, M.F.; SELEGUINI, A. Vegetative development of vine rootstock cultivars in brazilian cerrado conditions. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.4, 2020.

CANAS, S.; ASSUNÇÃO, M.; BRAZÃO, J.; ZANOL, G.C.; EIRAS-DIAS, J. Phenolic compounds involved in grafting incompatibility of Vitis spp: Development and validation of an analytical method for their quantification. **Phytochemical Analysis**, v. 26, 1, 2015.

CHEN, Z.; ZHAO, J. QIN, Y.; HU, G. Study on the graft compatibility between 'Jingganghongnuo' and other litchi cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 199, 2016.

COOKE, J.; LEISHMAN, M. R. Consistent alleviation of abiotic stress with silicon addition: a metaanalysis. **Functional Ecology**, v.30, p. 1340-1357, 2016.

DALBÓ, M.A.; FELDBERG, N.P. Comportamento agrônômico de porta-enxertos de videira com resistência ao declínio de plantas jovens nas condições do estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 32, n.2, p.68-72, 2019.

DAS, K.; ROYCHOUDHURY, A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. **Frontiers in Environmental Science**, v. 2, p. 53, 2014.

EL-GENDY, R.S. Evaluation of flame seedless grapevines grafted on some rootstocks. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, Giza, v.5, p. 1–10, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Cultivares de Uva e Porta-Enxertos de Alta Sanidade**. Embrapa Uva e Vinho, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/cultivares-e-porta-enxertos>. Acesso em: 17 nov 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Opções de cultivares de uva para processamento desenvolvidas pela Embrapa**. Embrapa Uva e Vinho, 2015. Disponível em: <http://surl.li/ikkdw>. Acesso em: 17 nov 2022.

FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; HOFFMANN, A. Propagação de plantas frutíferas. Brasília, DF: Embrapa **Informação Tecnológica**. 2005. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00076920.pdf>. Acesso em 17 nov 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food and Agriculture Data**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em 10 jun 2023.

FERREIRA, T.O.; COSTA, R.R.; FELIX, D.T.; ANDRADE NETO, E.R.; CRUZ, M.M.; LIMA, M.A.C. Quality and antioxidant potential of 'BRS Magna' grapes harvested in the first half of the year under different training systems and rootstocks in a tropical region. **Ciência e Tecnologia**, Lavras, v. 43, 2019.

FLURKEY, W.H.; JEN, J.J. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, n.6, p.1826-1831, 1978.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiologia Plantarum**, v.119, p.355-364, 2003.

GIANNOPOLITIS, C.N., REIS, S.K. Superoxide Dismutases I. Occurrence in Higher Plants. **Plant Physiology**, 59, 309-314, 1977.

GIL, S.S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p.909-930, 2010.

GOMES, R.F.; CASTOLDI, R.; MELO, D.M.M.; BRAZ, L.T.; SANTOS, D.M.M. Porta-enxertos para tomateiro conduzido com quatro hastes. **Revista Ceres**, v. 64, 2, 2017.

GRIGOLO, C.R.; CITADIN, I.; FELDBERG, N.P.; SCARIOTTO, S.; PERTILLE, R.H.; SANTOS, E.P.; TAKESHITA, K.C.C. Compatibility and initial development of grapevines 'BRS Magna' grafted on different rootstocks. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 51, n.7, 2021.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: PrenticeHall, 2011. 915p.

HUDINA, M.; ORAZEM, P.; JAKOPIC, J.; STAMPAR, F. The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v.171,5, p.76-84, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria>. Acesso em: 30 abr. 2023.

IRISARRI, P.; BINCZYCKI, P.; ERREA, P. MARTENS, H.J.; PINA, A. Oxidative stress associated with rootstock–scion interactions in pear/quince combinations during early stages of graft development, **Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v. 176, 2015.

KIM, Y.H.; KWAK, S.S. The role of antioxidant enzymes during leaf development. In: GUPTA, S.D. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants** Enfield: Science Publishers, 2010. p.129-150.

KODUR, S.; TISDALL, J.M.; TANG, C. WALKER, R.R. Uptake, transport, accumulation and translocation of potassium in grapevine rootstocks (*Vitis*). **Vitis: Journal of Grapevine Research**. v.50, n. 4, p. 145-149, 2011.

KOH, E.; CARMIELI, R.; MOR, A.; FLUHR, R. Singlet oxygen-induced membrane disruption and serpin-protease balance in vacuolar-driven cell death. **Plant Physiology**, v. 171, n. 3, p. 1616-1625, 2016.

KOHATSU, D.S; ZUCARELI, V; BRAMBILLA, W.P; ONO, E.O; SILVA, T.R.B; RODRIGUES, J.D. Peroxidase and polyphenol oxidase activity on the yield of grafted and ungrafted cucumber plants. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 3, p. 279-283, 2013.

KUHN, G.B.; REGLA, R.A.; MAZZAROLO, A. Produção de mudas de videiras (*Vitis* spp.) por enxertia de mesa. **Circular Técnica**. Embrapa Uva e Vinho: Bento Gonçalves, 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPUV/8822/1/cir074.pdf>>. Acesso em 19 nov 2022.

LEÃO, P. C. S.; BRANDÃO, E.O.; GONÇALVES, N.P.S. Produção e qualidade de uvas de mesa 'Sugraone' sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, 2011.

LEÃO, P. C. S.; SOARES, J. M. Implantação do Vinhedo. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed). A vitivinicultura no Semiárido brasileiro. Brasília, DF: 43 Embrapa **Informação Tecnológica**; Petrolina: Embrapa Semi-Árido. cap. 7, p. 257-291. 2009.

LEÃO, P.C.S. Porta-enxertos para a produção de uvas 'BRS Magna' no Submédio do Vale do São Francisco. **Circular Técnica**, 134. Embrapa. Petrolina – PE, 2023.

LEÃO, P.C.S. Uva de Mesa: Característica da espécie e relações com o ambiente. **Informe Agropecuário**, Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/uva-de-mesa>. Acesso em 20 nov 2023.

LEÃO, P.C.S.; RODRIGUES, B.C. Intervenções de poda e manejo de cacho de uvas de mesa em regiões tropicais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.36, n.289, p.7-18, 2015.

LEE, J.M.; KUBOTA, C.; TSAO, S.J.; BIE, Z.; ECHEVARRIA, H.; MORRA, L.; ODA, M. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation. **Scientia Horticulturae**.v.127, n.2, p.93-105, 2010.

LIMA, M. S.; SILANI, I. D. S. V.; TOALDO, I. M.; CORRÊA, L. C.; BIASOTO, A.C.T.; PEREIRA, G.E.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; NINOW, J.L. Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. **Food Chemistry**, v. 161, n. 1, p. 94–103, 2014.

MAIA, J.D.G.; RITSCHER, P. Novas cultivares de videira para elaboração de suco e para mesa. **Circular Técnica**, Embrapa, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130383/1/maia-xivenfrute-palestras-p81-90-jul20150001.pdf>. Acesso em:17 nov 2022.

MAROLI, L. CITADIN, I. SACHET. M.R. SCARIOTTO, S. WAGNER JR, A. Produção de mudas de videira cv. Bordô/Paulsen 1103 pela enxertia de mesa com estratificação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, 3, 2014.

MIGNOLET-SPRUYT, L.; XU, E.; IDÄNHEIMO, N.; HOEBERICHTS, F.A.; MÜHLENBOCK, P.; BROSCHE, M.; KANGASJÄRVI, J. Spreading the news: subcellular 32 and organellar reactive oxygen species production and signalling. **Journal Of Experimental Botany**, v. 67, n.13, p.3831-3844, 2016.

MOTA, R.V.; SOUZA, C.R.; FAVERO, A.C.; CARVALHO, C.P.S. E; CARMO, E.L.C.; FONSECA, A.R.; REGINA, M.A. Produtividade e composição físico-química de bagas de cultivares de uva em distintos porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.576-582, 2009.

MUROLO, S.; ROMANAZZI, G. Effects of grapevine cultivar, rootstock and clone on esca disease. **Australasian Plant Pathology**. v.43, n.2, p. 215-221, 2014.

NACHTIGALL, J. C. Produção de mudas de videira em regiões tropicais e subtropicais do Brasil. **Informe Técnico**. Embrapa Uva e Vinho, 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPUV/8123/1/cir046.pdf>. Acesso em 10 jul 2021.

NARDELLO, I.C.; KIRINUS, M.B.M.; SOUZA, A.L.K.; CALIARI, V.; MALGARIM, M.B. Adequacy of rootstock and planting spacing for cv. Sangiovese in high altitude region of Santa Catarina. **Scientia Horticulturae**, v.320, 1, 2023.

NASCIMENTO, R.; MAIA, M.; FERREIRA, A.E.N.; SILVA, A.B.; FREIRE, A.P.; CORDEIRO, C.; SILVA, M.S.; FIGUEIREDO, A. Early stage metabolic events associated with the establishment of *Vitis vinifera* – Plasmopara viticola compatible interaction. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 137, 2019.

NOCITO, L.; ESPEN, C.; FEDELI, C.; LANCILLI, S.; MUSACCHI, S.; SERRA, S.; SANSAVINI, M.; COCUCCHI, GA SACCHI. Oxidative stress and senescence-like status of pear calli co-cultured on suspensions of incompatible quince microcalli. **Tree Physiology**, v.30, p.450-458, 2010.

OLDONI, C.M.; NIENIWI, A.A.; SCHONS, J.; NAYER, N.A. Peroxidase activity and initial growth of 'Barbosa' peach on clonal rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, 6, Jaboticabal, 2019.

PAKZAD, R. FATEHI, F. KALANTAR, M.; MALEKI, M. Evaluating the antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proteomic profile changing in UCB-1 pistachio rootstock leaf under drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 256, 2019.

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

PAULETTO, D.; FILHO, F.A.M.; KLUGE, R.A.; FILHO, J.A.S. Efeito do porta-enxerto na qualidade do cacho da videira Niágara Rosada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.935 – 939, 2011.

PIMENTEL JUNIOR, A.; GOUVEIA, A.L.S. GIUGNI, M. Uvas: qual o porta-enxerto ideal? **Revista Campo e Negócios**, 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/uvas-qual-o-porta-enxerto-ideal-2/>. Acesso em 19 jul 2021.

PINA, A.; ERREA, P. A review of new advances in mechanism of graft compatibility–incompatibility. **Scientia Horticulturae**, v. 106, n. 3, 2005.

PINA, A.; ERREA, P.; MARTENS, H.J. Graft union formation and cell-to-cell communication via plasmodesmata in compatible and incompatible stem unions of *Prunus* spp. **Scientia Horticulturae**, v. 143, 2012.

PIRES, E.J.P.; MARTINS, F.P. **Técnicas de Cultivo**. In: POMMER, C.V. Uva: tecnologia de produção, pós-colheita e mercado. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, p. 359. 2003.

QUAN, L.J.; ZHANG, B.; SHI, W.; LI, H.Y. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 1, p. 2-18, 2008.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 05 jan 2023.

REGINA, M.A.; SOUZA, C.R.; DIAS, F.A.N. Propagação de *Vitis* spp. pela enxertia de mesa utilizando diferentes porta-enxertos e auxinas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, 3, p.897-904, 2012.

RITSCHER P. MAIA, J.D.G.; CAMARGO, U.A.; ZANUS, M.C.; SOUZA, R.T.; FAJARDO, T.V.M. 'BRS Magna': Nova cultivar de uva para suco com ampla adaptação climática. **Comunicado Técnico**, Embrapa; 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/71803/1/cot125.pdf>. Acesso em: 17 nov 2022.

RIZZON, L. MENEGUZZO, J. Suco de Uva. Brasília, DF: Embrapa. **Informação Tecnológica**, 2007, 45p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/122741>. Acesso em: 17 nov 2022.

ROBERTO, S. R.; NEVES, C. S. V. J.; JUBILEU, B. S.; AZEVEDO, M. C. B.; Produção de mudas de videira 'Itália' através de enxertia verde em porta-enxertos propagados por estacas herbáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 127-130, 2004.

RODRIGUES, AC; MACHADO, LB; DINIZ, AC; FACHINELLO, JC; FORTES, GRL. Avaliação da compatibilidade da enxertia em *Prunus* sp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, p.359-364, 2001.

ROMBALDI, C.V.; FERRI, V.C.; BERGAMASQUI, M.; LUCHETTA, L.; ZANUZO, M.R. Produtividade e qualidade de uva, cv. Bordô (Ives), sob dois sistemas de cultivo. **Revista Brasileira Agrociência**, v.10, n.4, p-519-521, 2004.

SABIR, A. Comparison of green grafting techniques for success and vegetative development of grafted grape cultivars (*Vitis* spp). **International Journal of Agriculture & Biology**, v.13, n.4, p.62-630, 2011.

SACHDEV, S., ANSARI, S. A., ANSARI, M. I., FUJITA, M., HASANUZZAMAN, M. Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species: Generation, Signaling, and Defense Mechanisms. **Antioxidants**, v. 10, n. 2, p. 277, 2021.

SANTOS, F.B.; TREVISAN, F. Relato de experiência: enxertia de campo em videira simultâneo ao plantio da muda. **Scientia Vitae**, v.12, n.35, 2021

SANTOS, L.F. **Qualidade e capacidade antioxidante durante a maturação da uva 'BRS Magna' em função de porta-enxertos nas condições tropicais do Submédio do vale do São Francisco**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, 2019. 141p.

SATO, A.J.; TÁRTARO, E.L.; BOTELHO, R.V.; MARTINEZ, J.F. OLIVEIRA, T.L.A.; RIBERIO, L.T.M.; BINOTTO, C. Fenologia e caracterização físico-químicas e produtivas da videira 'BRS Carmem' produzida no oeste do Paraná. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 20, n. 4: 2021.

SILVA, E.L.F. **Características fisiológicas envolvidas na resistência Diferencial ao estresse salino em porta-enxertos de videira**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2022.

SOUZA, C.R. **Alguns aspectos da enxertia de mesa com forçagem e respostas fisiológicas a deficiência hídrica na produção de mudas de videira**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Lavras, MG, 1999.

SOUZA, C.R.; MOTA, R.V.; FRANÇA, D.V.C.; PIMENTEL, R.M.A.; REGINA, M.A. Cabernet Sauvignon grapevine grafted onto rootstocks during the autumn-winter season in southeastern Brazilian. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 2, p. 138-146, 2015.

SZYMAJDA, M.; PRUSKI, K.; ZURAWICZ, E. SITAREK, M. The nursery value of new *Prunus persica* seedling rootstocks for peach cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 266, 4, 2020.

TEDESCO, S., PINA, A., FEVEREIRO, P., KRAGLER, F., A phenotypic search on graft compatibility in grapevine. **Agronomy**, v. 10, n. 5, 2020.

TEDESCO, S.; FEVEREIRO, P.; KRAGLER, F.; PINA, A. Plant grafting and graft incompatibility: A review from the grapevine perspective. **Scientia Horticulturae**, v. 299, n.1, 2022.

TELLES, C. A.; BIASI, L.A.; MINDELLO NETO, U.R. DESCHAMPS, C. Fenóis totais, peroxidase e suas relações com a compatibilidade de mudas de pessegueiro interenxertadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, 1, p. 86-91, 2009.

VASCONCELOS, V. A. F. **Qualidade e atividade antioxidante em uvas 'Syrah' em diferentes ciclos de produção, sistemas de condução e porta-enxertos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Vale do São Francisco, Univasf, 2016. 79p.

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

VILLA, F.; DALL'OGGIO, P.A.; POTRICH, C. Formação de mudas de videiras labruscas através de enxertia de mesa em região subtropical de baixa altitude. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 17, n. 2, p. 186, 2018.

VRŠIČ, S.; PULKO, B.; KOCSIS, L. Effects of rootstock genotypes on compatibility, biomass, and the yield of Welschriesling. **Horticultural Science**, v. 43, n. 2, p 92–99, 2016.

WANG, X.; LEI, X.G, WANG, J. Malondialdehyde regulates glucose-stimulated insulin secretion in murine islets via TCF7L2-dependent Wnt signaling pathway. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v. 382, n.1, 2014.

XU, Y.J.; QIANG, M., ZHANG, J.L.; LIU, Y.; HE, R.Q.; Reactive carbonyl compounds (RCCs) cause aggregation and dysfunction of fibrinogen. **Protein Cell**, v. 3, n. 8, p. 627-640, 2012.

ZARTH, N.A. **Caracterização e análise da cadeia da vinivicultura no Sudoeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em AGRONOMIA), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

ZARTH, N.A.; CITADIN, I. PERONDI, M.A.; DONAZZOLO, J. Perfil sócio-econômico da vitivinicultura na Região Sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica**, v. 06, n. 1, 2011.